

探回柱礦

卜利仙克 著

閱覽室用書不得携出室外

東北人民出版社

本書詳叙蘇聯及其他外國礦山回探鑽柱的經驗，舉出許多實例，並對回探方法作了分類和比較評價。

本書可供礦山企業、礦山設計機構工作人員以及大學探礦學系和專科學校學員學習及參考之用。

С. Г. БОРИСЕНКО
ВЫЕМКА ЦЕЛИКОВ
МЕТАЛЛУРГИЧЕЛАТ

1951

本書根據蘇聯國立黑色與有色金屬科學技術書籍出版社一九五一年俄文版本譯出。

目 錄

序 言	1
第一章 緩傾斜礦床未行充填的採礦場間的礦柱回採	5
第一節 不同落頂板回採部分礦柱	5
第二節 最後崩落頂板回採部分礦柱	21
第三節 藉特殊支柱保護回採礦柱	24
第四節 藉爆破力量拋出採下的礦石回採礦柱	27
第五節 由脈外坑道回採礦柱	29
第六節 開採水平礦床時關於礦柱所受壓力的計算	30
第七節 開採緩傾斜礦床回採未充填採礦場之間的礦柱總結	32
第二章 開採急傾斜礦床回採未充填採礦場之間的礦柱	33
第一節 採取大量崩落法全部回採中段間和採礦場間的礦柱	33
第二節 採礦場間和中段間礦柱的部分回採	45
第三節 大量崩落法回採全部礦柱的總結	61
第三章 採礦場中充滿留礦礦石的礦柱回採	63
第一節 總 則	63
第二節 礦柱的掏底崩落法	63
第三節 山下向上分層回採礦柱	66
第四節 山上向下分層回採礦柱	69
第五節 用留礦法開採採礦場未放礦時 以崩落法回採採礦場間礦柱的總結	76
第四章 充滿充填材料的採礦場之間的礦柱回採	78
第一節 總 則	78
第二節 用分層崩落法回採礦柱	80
第三節 用小中段崩落法回採礦柱	88
第四節 用方框充填法回採礦柱	105
第五節 用挑溝法回採礦柱	112
第六節 採礦場底柱的回採	119
第七節 回採已充填採礦場間礦柱的總結	120
第五章 礦柱回採方法的選擇	123
第六章 礦柱回採問題研究工作的基本方針	129

序 言

在礦床開採的第二階段，提高礦柱的實際回採效率，乃是採礦作業的重要問題之一。一個中段的礦量，約有50%留作礦柱，從第1表引用的「克里沃羅格」礦區各礦採礦場礦量相對數值的指標來看，就能證實這一點。

「克里沃羅格」礦區各礦採礦場礦量的相對數值 第1表

鑿井管理機構名稱	採礦場排列	中段高度 (公尺)	採礦場的採 礦量(%)
「共產國際」(197公尺中段)	垂直走向	40	36
「共產國際」(247公尺中段)	垂直走向	50	41
「共產主義者」	垂直走向	50	33
「共產國際」(平行礦床)	沿走向	50	48
「黃河」(主要礦床)	垂直走向	60	50
「黃河」(東部礦床)	沿走向	60	58

礦柱回採，往往是在較採礦場採掘困難的條件下進行，並且獲致的技術經濟指標也較低。如對礦柱進行大量崩落，礦石會發生大量損失和品位降低，這點由第2表魯高夫斯基副教授根據大規模鐵礦區蒐集的實際資料（這是在一九四八——一九四九年採掘4,393,100噸礦石得出的資料），便可得到證明。

鐵礦區各礦回採礦柱時礦石的損失及品位降低 第2表

礦塊的構成部分	品位降低 (%)	採出量 (%)	採出量比率 (%)
礦 壁	9.5	63.6	21.5
頂 柱	11.8	48.0	10.5
底 柱	10.9	58.0	17.0
採 礦 場 內	3.5	93.5	51.0
按開採方法的平均	6.9	76.2	100

採礦技術書籍中，對於礦床的開採方法雖有廣泛的闡述，但均着重於採礦場的開採方法。各種採礦方法教程裏，對於礦柱回採方法的研究多不詳盡，各種雜誌中發表的論文，雖有許多回採礦柱的個別範例，然而迄今尚無總結礦柱回採經驗的著作。

在一九四七年有色金屬冶煉部召開的第二次礦山總工程師會議上，曾通過如下一項決議：「必須總結實際應用中最有效的回採礦柱方法的經驗，以便今後應用和改進」（決議第一〇九條）。

應該指出，當進行採礦設計時，多對採礦場的開採階段加以充分研究，但對礦柱的回採却簡略地加以決定。這裏特別指出，對於礦柱的回採方法，必須在對礦床進行更緻密的研究後，才能確定。但實際情況，往往會造成只顧對採礦場構成部分和開採方法變動的選擇，而不充分估計礦柱的最後回採。

例如採用的回採礦柱方法非常繁重費力，礦石的損失也非常之大，往往是由於未能充分研究礦柱回採方法的結果。

本書的目的，就在於總結和推廣回採礦柱的經驗。

回採方法是根據採礦場的情況進行分類，因為各種採礦場的情況不同，所以就要採用不同的回採礦柱方法。

例如，在未充填的採礦場，由於礦床傾斜的角度不同，礦柱回採的方法也就不同。

根據上述的理由，著者提出礦柱回採方法的分類如下：

第一類 緩傾斜礦床未行充填的採礦場間的礦柱回採。

1. 不崩落頂板回採部分礦柱；
2. 最後崩落頂板回採部分礦柱；
3. 藉特殊支柱保護回採礦柱；
4. 藉爆破力量拋出採下的礦石回採礦柱；
5. 由脈外坑道回採礦柱。

第二類 急傾斜礦床未行充填的採礦場間的礦柱回採。

1. 用大量崩落法將中段間和採礦場間的礦柱全部回採；
2. 回採部分礦柱。

第三類 充滿留礦礦石的採礦場間的礦柱回採。

1. 藉鄰接採礦場出礦時進行礦柱掏底並使其自行崩落；
2. 由下向上分層回採礦柱；
3. 由上向下分層回採礦柱。

第四類 用充填材料充滿的採礦場間的礦柱回採。

1. 分層崩落；
2. 小中段崩落；
3. 用方框充填法的回採；
4. 挑溝法回採。

在採礦方法教程裏，對於礦柱回採的方法主要是在混合採礦方法種類中加以研究。

混合採礦方法的引用，是會違反我們根據如何支持已採空間特點對採礦方法最廣泛分類的嚴整性。所以我們認為在理論上莫如消除混合採礦法的分類方法，講到各該採礦方法分類時，再根據該書中所引證的分類，對礦柱的回採方法詳加闡述。

這時，就應該開始先講崩落法，其次講充填法和留礦法，最後再講空場法〔註〕。其所以必須這樣分類，是因為在礦床分成兩個階段採掘時，也就是說把一個中段的礦量按採礦場和礦柱加以區分時，一般用於回採礦柱的方法是崩落採礦法。

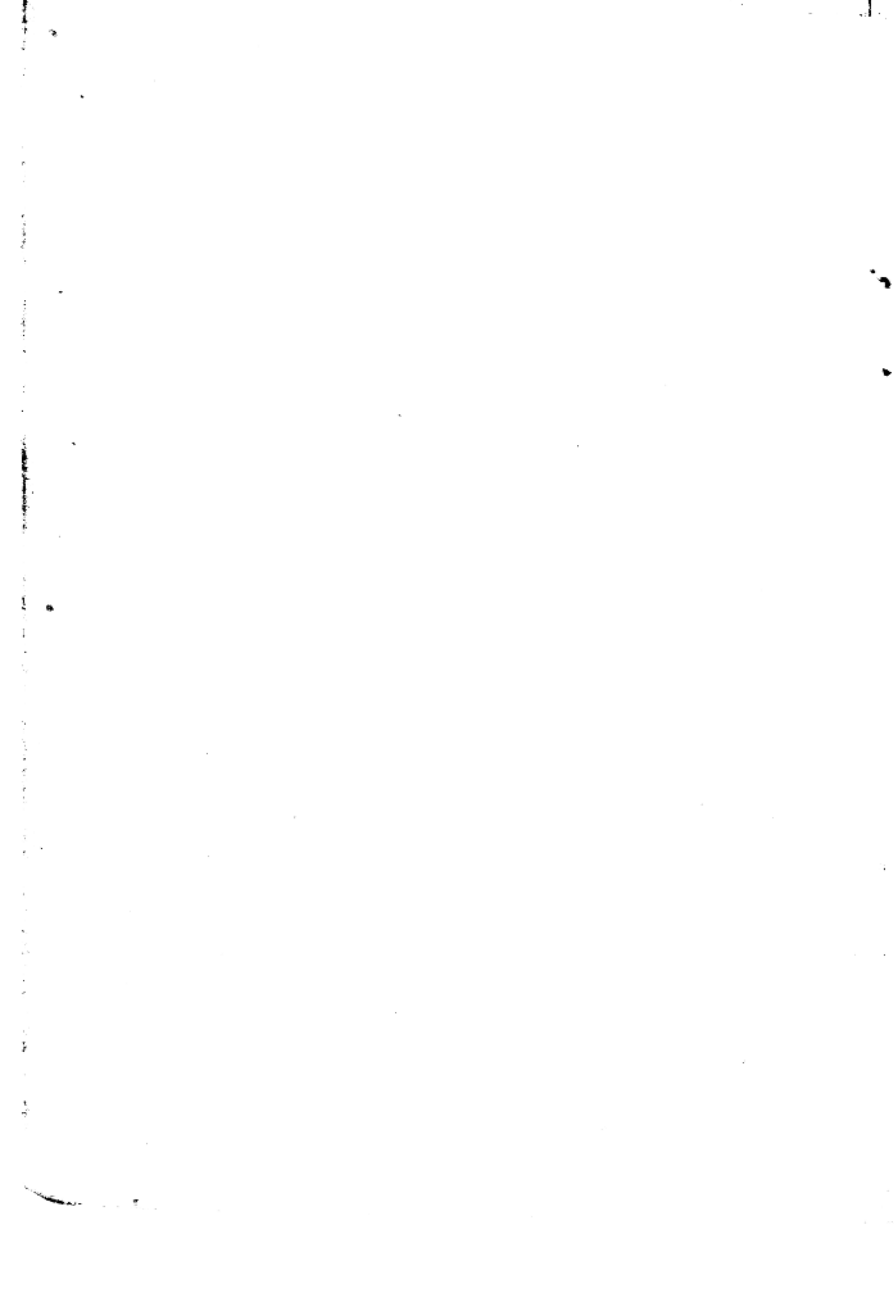
術語——所有為支持已採空間而留下的礦柱，有如下之區分：採礦場間的礦柱，即間隔起各鄰接採礦場的礦柱；中段間的礦柱，即劃分開各鄰接中段的礦柱。

首先，中段間的礦柱是由頂柱和底柱構成的。由採礦場底至主要運搬中段這一部分之間的礦柱，我們算做底柱；這個礦柱的其餘部分，即由下部中段採礦場頂至上部中段運搬坑道，我們算做頂柱。

普通砲眼和深砲眼，則按打眼的方式（用手持式鑿岩機或鑽探機）而區分。

書內各處所指出的岩石硬度，均根據普洛塔佳闊諾夫教授的硬度計。

〔註〕著者卜利仙克所提出的分類原則，除其指出的優點之外，還有其主要的缺點：對採礦方法研究的闡述，這是一種由複雜逐漸趨於簡單的做法。——原書編者



第一章 緩傾斜礦床未行充填的 採礦場間的礦柱回採

第一節 不崩落頂板回採部分礦柱

概論 當採取留永久性礦柱開採緩傾斜礦床時，就要損失數量極大的有用礦物，約佔礦床礦量的10~50%。

在開採非金屬有用礦物（如採鹽）的情況下，留下永久性的帶狀礦柱，其損失限度最高。

當開採金屬礦床時，可留圓形、橢圓形或長方形礦柱，這樣可使礦柱部分礦石的損失降低到10~20%。

礦柱直徑及其中間的距離，主要是根據礦石及母岩的物理性質而變動。

礦柱直徑的變動限度最寬，即從2公尺至7~8公尺不等，礦柱間的跨度變動，則從4~5公尺至18~20公尺不等。

在永久性礦柱內所留下的礦石數量，一般講來，都比支持頂板所必需的礦石數量要大。這種情況是由於對礦柱的堅固性缺乏充分正確的計算方法所致。缺乏正確的計算方法的原因，是因為岩石往往受地殼破壞、岩石層理以及其他地方條件的影響，發生劇烈的變動。以L澤斯卡於干斯基銅礦為例，該礦礦石的假定抗壓就有240~1,500公斤/平方公分的變動。因此，對於礦柱上的負重（即岩石的壓力），也只能縮減略地加以計算。由於以上的原因，所以必須留下具有很大堅強後備力量的礦柱。

礦層採完之後，如果在很長時間內頂板和礦柱不發生變形，這就證明留下的礦柱數目過多。因此，在不破壞頂板堅固性的情況下，可

將一部分礦柱採出。

有時可能發生這種情況，即礦柱不是對於整個礦床面積而只是對於某些區域具有過分的堅強後備力量。這時，可以僅將具有堅固頂板區域內的一部分礦柱採出。

關於在不破壞頂板堅固性的條件下進行部分礦柱回採，我們可以引證「澤斯卡茲干斯基」銅礦、「卡達姆日阿依」礦山、根利港各鐵礦（美國）、三州地區的含多種金屬礦山（美國）以及其他各礦山進行的這項工作作為說明實例。

由此可見，當採取採礦場留礦柱的方法開採緩傾斜礦床時，不得不下具有很大堅強後備力量的礦柱，但是，事後還可以把在開採過程中所留的礦柱，和具有充分堅固頂板區域內的礦柱採出。

很顯然，在這些條件下回採礦柱時所發生的基本問題是：（1）計算礦柱具有必要堅強後備力量的最小規格；（2）計算礦柱之間頂板的最大容許跨度。

解決這些問題，就要依靠於礦柱和頂板堅固性的計算。這種計算方法，已由舍維雅柯夫院士、斯列薩列夫教授和崔姆巴列維奇教授等人提出。

在本章第六節中，著者提出了對於水平礦床計算礦柱壓力的方法。

每種計算礦柱堅固程度的方法，都是以推斷的假定岩石壓力為依據。所以依靠計算資料時，不得再提高堅強的後備力量，只有等積累了充分的實際資料之後，並且這種資料對某種假定岩石壓力證實是正確的，而且所採取的計算方法完全正確時，才可以提高對堅強後備力量的估計。目前所用的計算資料，尚有進行實際檢查的必要。

試驗工作，用下面的方式進行。

在一個小的區域內，用破壞部分礦柱的辦法，逐漸增大頂板的暴露面積。這時，由於礦柱之間頂板的跨度增大，頂板中的應力也就從而增大。此外，因為負重分擔在很少幾個礦柱上，於是礦柱中的應力也就要自行增加。

如果礦柱網破壞到一定程度時，頂板和礦柱就要同時開始變形，

於是也就了解頂板的單位跨度和礦柱最少的數目。

根據頂板的岩石和礦石的性質，可以應用如下的試驗方法。

在已知頂板堅固程度的條件下，可以在一個區域內留下一個試驗礦柱，再用逐漸破壞鄰接礦柱的方法增加這個礦柱對頂板所負擔的面積。

這種方法便使我們能夠計算出礦柱的最大容許負重。

反之，當礦石穩定和頂板較弱時，可以用隔一個礦柱破壞一個礦柱的方法來增大頂板的暴露面積，這樣也就可以確定出頂板最大限度的暴露面積。

試驗區域要選擇在具有特殊條件的礦山，並將其置於礦山孤立部分的已探空井區域邊緣外的地方，因為當破壞礦柱時，可能發生意外的頂板崩落、瓦斯爆發等不幸事件和地表陷落等。

將礦柱爆破之後，在一定時間內必須禁止接近試驗區域。以後，如未發生自行崩落，則可制定檢查制度，隨時對頂板和礦柱狀態加以注意，直到在已探空間內所形成的暴露面開始很明顯地鞏固下來為止。

按這種方式，便能確定出頂板跨度的最大容許數值和礦柱的規格。

在進行試驗工作過程中，為確定岩石內能否發生危險應力，可以採取視覺觀察測量或利用地下聽檢器檢查，這兩種觀測方法亦可同時並用。

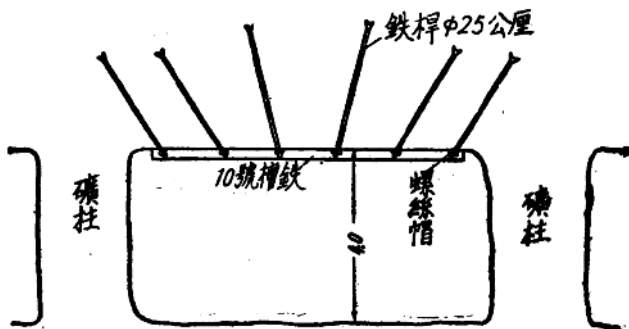
地下聽檢器目前研究的還不夠精細，但是我們不難想像，由於各機構進行研究工作的結果，在最近很短期間內，地下聽檢器將會成為確定岩石內在應力的一種可靠的工具。

無論在任何情形下，逐漸增大礦柱之間的跨度時，最好是使頂板達到崩落或使礦柱達到壓潰，以便確定出它們的最大容許規格。

當有系統地回採礦柱時，應利用吊台、輕便分解梯子或移動平台等，經常檢查和整理頂板，這樣，無論是在試驗時期或以後，均能使個別岩石塊的脫落危險減少到最小限度。

在某些情況下，為防止落盤，可以採取用槽鐵支撐頂板的辦法；把槽鐵用螺絲帽緊緊擰在鐵桿上，將鐵桿楔插在頂板打出的深眼之中（見第1及第2圖）。

在某些礦山上，幾年來對於這種方法均有良好的評價。



第1圖 使用槽鐵支撐探礦場頂板



第2圖 經過四年後由槽鐵支撐的頂板情況

由試驗工作確定出的頂板最大容許暴露面積以及計算資料，乃是選擇安全回採礦柱方法的主要指導基礎。此外，還要考慮到地方條件：有無地殼破壞、岩石層理、滲水等等情況。因為這些情況都會嚴重妨礙某一區域內的礦柱回採。擬定回採礦柱，必須依據試驗工作中所得出的頂板最大限度的暴露面積，以及在預定進行礦柱回採處的頂板狀況為原則。

以上指出的確定礦柱能否回採的方法，在〔澤斯卡茲干斯基〕各礦均已採用。卡查赫科學研究院首次進行的礦柱回採試驗工作確定出：當暴露頂板時，其暴露面積最多不到1,000平方公尺就要崩落，於是擬定並實施以250~300平方公尺為暴露限度。然後又在確定的區域內仔細地進行頂板檢查工作，並指出地殼破壞、岩層剝落等等的地點，這些工作完成之後，就很順利地採出按試驗結果和頂板實際狀況所擬定回採的全部礦柱。

〔巴南孔一兆凱爾〕礦山，在試驗工作過程中先採出三排礦柱，然後才進行大規模的回採礦柱。

有利於礦柱回採的極其主要的因素，往往有這種情況，即在過去已採區域內礦柱中所留下的富礦，比採礦時採出的還多。

由礦柱採出的礦石的成本，往往比採礦場採出的礦石的成本低，因為開拓及採準工作的費用，在進行採礦場開採時業已得到補償，而且因為已經有了許多自由面的關係，採礦條件也比較便利。但是，如果為了回採礦柱還要對舊坑道和運搬路線進行許多恢復工作，或對必需的設備等等進行許多安裝工作的話，那麼這些工作的費用，可能消耗的很大，這樣，礦柱回採也就無利可圖了。

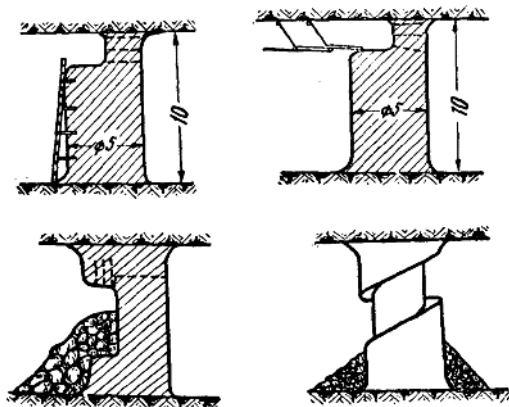
礦柱回採技術 根據〔金屬礦、砂金礦及煤礦之間採技術規程〕的決定（一九四八年出版），留下的斷面成圓形或橢圓形的礦柱高度不得超過12公尺。但〔澤斯卡茲干斯基〕礦山例外，該礦所留的圓形礦柱，高度竟達20~25公尺。

回採高度在3~4公尺以下的礦柱，極為容易：礦柱很容易打眼和爆破，同時，打眼工和爆破工可直接站在採礦場地上或腳架台上工作。

對於高達 3~4 公尺以上的礦柱，首先要由頂板把礦柱切斷，切斷高度在 2 公尺左右。

然後便可用鑿岩機打眼，用下向階段法回採礦柱，或使鑽探機打出相當整個礦柱高度的深砲眼。採用後一種方法最為安全，因為打眼工和爆破工的工作場所，就在頂板之下，易於監視頂板的情況。

上到礦柱頂上的方法有如下幾種（見第 3、4、5 圖）：



第 3 圖 在梯子、吊台、留礦礦石和斜坡上由頂板切斷礦柱的工作圖

(1) 順安裝起的梯子上去，這種梯子固定在一些銷釘上，銷釘打在礦柱的一些淺眼裏；

(2) 靠着吊台上去；

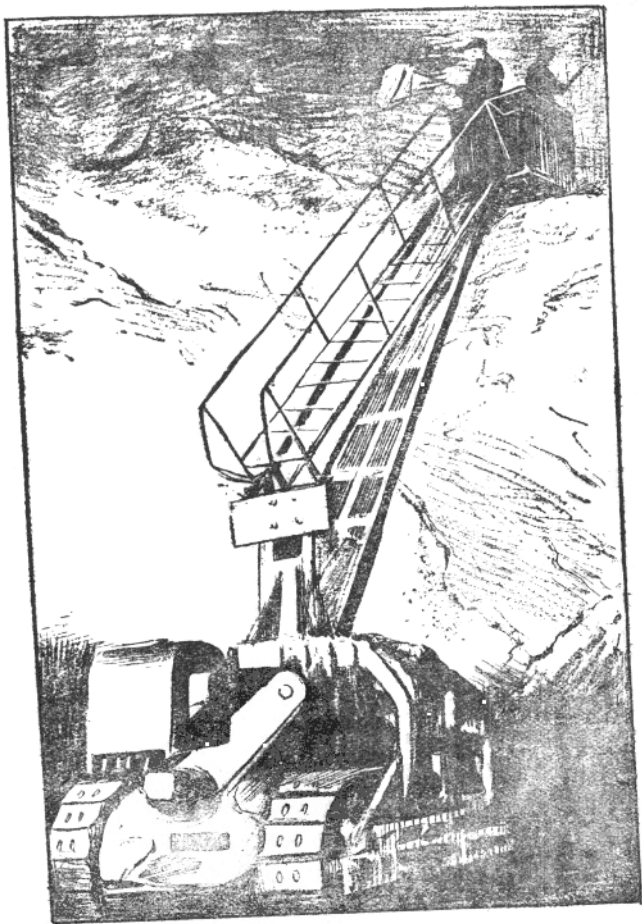
(3) 順留礦礦石上去，即順用上向階段法回採一部分礦柱時留下的礦石上去；

(4) 順着由下向上逐漸形成的斜坡上去；

(5) 利用安裝在台車上的移動平台或梯子上去。

當由頂板切斷礦柱時，用固定在礦柱側方的梯子，有以下的缺點：當進行爆破時，梯子往往受到破壞，還得重新修復。

吊台，在美國用的較為普遍。一班有兩個人就能把每節長 2.4 公



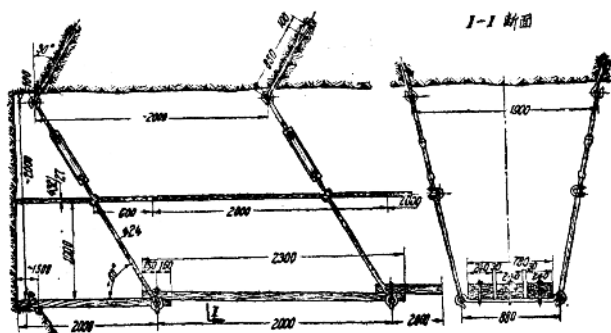
第4圖 在礦柱頂側打眼留整領頂板使用的能分解的自動平台

尺的三、四節吊台裝起。拆除吊台工作，比安裝工作要快一倍。

吊台的優點：在整個工作過程中，可以搗礦石，能够監視頂板很大的面積，並且構造也不複雜。吊台的缺點，就是安裝時需要有高度熟練的工人。

最近十五年來，吊台的使用已日見廣泛，證實了上述事實。

吊台的構造如第5圖。



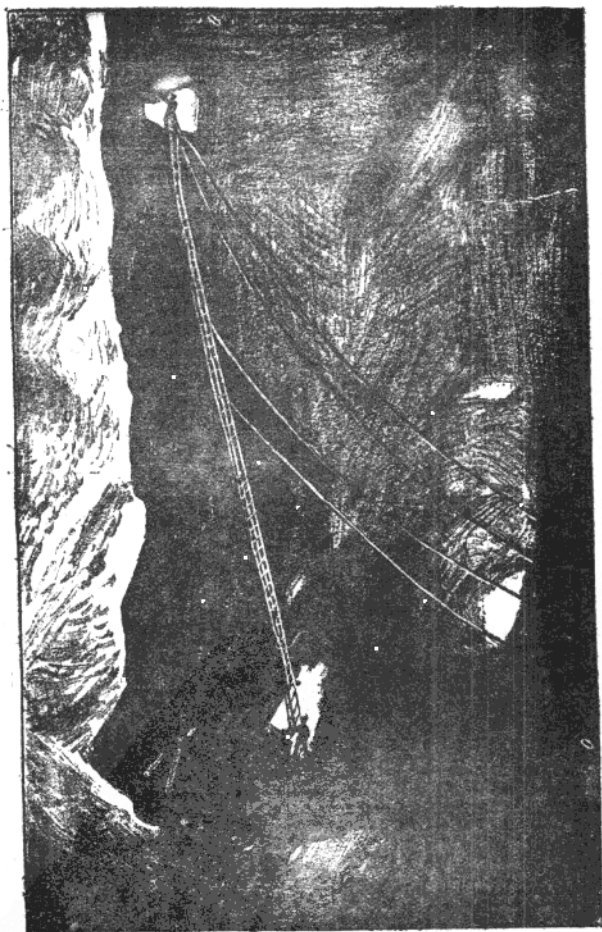
第5圖 吊台

用由上向階段法爆破部分礦柱採下的礦石上到礦柱頂上的方法，不需要任何人工安裝設備，但是只能保證上到留礦礦石頂側的很小區域內的頂板之上。

開鑿斜坡上到礦柱頂上的方法，也不需要任何人工安裝設備，所以說，這是上到礦柱頂上一種最理想的方法。一般對5~7公尺直徑的礦柱，使用這種方法可以避免因礦柱底部採出過多的礦石而發生崩落的情況。但礦柱直徑很小時，則不能採取這種方法。

無論用任何切斷礦柱的方法，均應事先考慮到檢查頂板的方法。頂板的整理工作，可以在吊台、活動梯子或移動平台上進行。

在三州地區（美國）的礦山上，曾用過活動梯子整理頂板，梯子上拴有三、四條鐵索，每條鐵索由兩三個人拉着把梯子放成傾斜狀態（見第6圖）。毫無疑義，在移動平台上整理頂板，當然是最爲安全和便利。



第6圖 在活動梯子上整理頂板的工作圖

在礦柱的回採過程中，時間因素極為重要。假定說根據試驗已經確定，頂板暴露面積在一定時間內（比如說在一年之內）未曾自行崩落，但這並不是說它經過這麼長的時間就不會自行崩落。所以說，在既定區域內回採礦柱，必須在確實保證頂板堅固的期間過程中完成回採工作。

我們再來談談裝藥量的計算問題。

炸藥的消耗比率，是根據在有一個或兩個自由面的條件下開採探礦場時，由充分正確的實際工作中確定出來的。如回採礦柱時有很多的自由面，炸藥的消耗比率計算，就應利用下面所舉的例子（傑米玖克提出的係數）：

自由面個數	炸藥比較消耗的縮減係數
2	0.6
3	0.4
4	0.24
5	0.17

為將預定出的炸藥量分配的恰當，要計算礦柱上必須打出的深砲眼的數目，這種作法並無多大困難。

為了獲得標準的礦石碎塊，必須把深砲眼平均地排列在礦柱之中。排列深砲眼時，必須由測量工程師正確地觀測並加以指定。

進行爆破工作，必須使用導爆綫。

對於還要進行二次破碎者，我們介紹使用帶集中穴的藥包，以便將打眼工作降低到最低限度，並以此減少工人在已採空間內必需的停留時間。

運搬礦石工作，以用三個捲筒的電耙最為相當，將電耙尾部滑輪固定在鄰接礦柱之上，這樣工人可以不用停留在裝礦現場。

回採礦柱礦石的技術經濟指標，比探礦場內採出者有利。

在卡查赫斯坦的某一銅礦上，回採礦柱時與探礦場探礦時相較，炸藥消耗降低20%，打眼費用降低17%。

在美國各礦山回採礦柱時的炸藥消耗均為50~80公分/噸，亦即較探礦場探礦時的炸藥消耗減少好多倍；顯而易見，打眼工作的費用，