

高等學校教學用書

# 露天採礦學

上 冊

蘇聯 耶·弗·舍什科著

全一冊  
一九五五年  
四月十八日

燃料工業出版社

高等學校教學用書

# 露天採礦學

上 冊

蘇聯工學博士 耶·弗·舍什科著

于汝綏 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。上冊的內容包括兩部分：介紹各種露天採礦機械和這些機械的應用條件及生產過程，介紹露天運輸設備和運輸方法。

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

### 上 冊

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГ ЛЕТЕХИЗДАТ)  
1951年哈爾濱大戰文修訂第二版翻譯

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：北京東長安街煤礦工業部  
北京市書刊出版營業部許可證出字第012號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：梁祖佑 校對：郭益華

書號391煤147 \* 850 × 1092 1/32 開本 \* 9 1/8 印張 \* 213千字 \* 定價一元六角九分  
一九五五年三月北京第一版第一次印刷 (1—3, 600冊)

## 第二版（1951年）序言

本書第二版可用作礦業學院和採礦系露天採礦專門化的專業教科書。本書具有生產過程的內容，包括着集中在第七和第八兩個學期內講授的本課程的各個專門課目，其中相應地分為兩個部分：第一部分〔概論與生產過程〕和第二部分〔露天採礦工程〕。上述專門化學生在第九學期學習本課程的各個補充課目時，則可順利地參考 1951 年蘇聯煤礦技術書籍出版社出版的舍維亞科夫院士的著作〔採礦學〕。

有關工程地質、礦體排乾、露天運輸、電鍍及其他設備的問題，以及有關穿爆工作的問題，本書都根據它與露天開採生產技術過程的關係，加以敘述。至於這些問題的詳細研究，則集中在各門獨立課程中進行。

在本書第二版中未包括泥船開採工作及建築材料礦體開採特點的敘述；這些問題相應地屬於砂金礦體開採和非金屬礦物礦體開採專業。

本書第一版祇經過一個學年的實際應用，顯然，在這樣短的時期還不能對本書提出足夠的意見。作者對下列各個礦業學院和採礦系、生產單位、設計院以及其他組織內的工作者：華西里也娃、維尼茨基、講師伏洛希林、工學博士郭洛傑茨基教授、卓洛達連夫、講師蘇爾柯夫、考巴堅夫、考連尼斯多夫、講師庫茲涅佐夫、工學碩士庫列索夫、工學博士緬爾尼科夫、工學博士米哈依洛夫教授、講師波波夫、工學碩士爾席夫斯基、工學碩士魯新諾夫、工學博士斯列沙連夫教授、西姆金、礦山少將蘇科洛夫斯基、工學博士斯洛鮑特金教授、特莫夫斯基、工學博士費捷列夫、講師蘇龍霍夫、斯比茲別爾克、舒霍夫、礦山少將雅斯特連鮑夫等對本書再版提出有關意見的同志致謝。

本書手稿評閱者工學博士緬爾尼科夫、工學博士郭洛傑茨基教授、講師鮑里索夫、葉夫達基莫夫、加爾尼茨基、馬赫諾和巴里亞柯夫等對本書第二版提出了很多寶貴的意見。

作者衷心歡迎對本書第二版的各種意見。

作者 1951年，莫斯科

## 第一版（1949年）序言

〔露天採礦學〕一書是採礦專業學生用的露天開採課程的教科書，它是根據本課程的提綱及其在教學計劃中的地位而編寫的。

本書由四個部分組成。

第一部分研究採礦機械、機械應用條件和與它相適應的各種生產過程，第二部分研究了露天運輸問題，第三和第四部分則闡明露天開採的一般方法和特殊方法。

〔露天採礦〕課程的教本還是第一次出版。由於這種情況，並由於教科書的內容是綜合性的，所以在編寫時有很大的困難。在蘇聯，各種各樣豐富的露天開採的實際經驗，以及上述課程的教學經驗是完成這個任務的基礎。

在斯大林五年計劃的年代裏，由於露天開採工作十五年來的進步，在蘇聯建立了新的特出的高度工業化的採礦領域。這個領域內具有卓越的技術和現代生產方法的原理。本教科書儘可能地反映了上述的進步情況。同時，對於露天開採生產的一般方法，也就是廣泛應用的方法，在本書中作了較全面的敘述；而對於特殊的方法則作了較簡明的敘述。

本書手稿經過了兩位斯大林獎金獲得者舍維亞科夫院士和緬爾尼科夫工程師的審查，他們對此書並提出許多非常寶貴的指示。書中用小號鉛字印的各節都是根據舍維亞科夫院士的建議採用的。這些材料並不需要完全對學生們講授，但它對更深入地熟悉本課程的內容是有幫助的，而且其中某些部分可在設計及生產中利用。

書中第五章為那札洛夫按照作者的計劃<sup>①</sup>所寫。第十五章為工學碩士努洛克（第 49 節，第 54—56 節）和謝彼托夫工程師（第 50—53 節）<sup>②</sup>所寫，經作者改寫後編入教科書內。

① 在第二版中為第二章。

② 與第二版第六章中第 24、25、28 節和 27 節的一部分及第 26 節和第 27 節的一部分相適應。

# 目 錄

第二版(1951年)序言

第一版(1949年)序言

## 第一篇 概論與生產過程

第一章 緒論與一般概念 .....	1
第 1 節 緒 論 .....	1
第 2 節 礦山技術概念 .....	5
第 3 節 邊坡的穩定 .....	11
第 4 節 排水方法及其工具 .....	16
第二章 穿爆工程 .....	26
第 5 節 概 論 .....	26
第 6 節 穿孔工程 .....	29
第 7 節 炸 藥 .....	40
第 8 節 爆破工程 .....	42
第三章 採裝工作 .....	54
第 9 節 電鏟分類 .....	54
第 10 節 單斗式電鏟的應用條件 .....	60
第 11 節 多斗式電鏟應用條件 .....	74
第 12 節 電鏟的生產能力 .....	86
第 13 節 鏟運機、牽土機和裝載鏟之應用 .....	101
第四章 運 輸 .....	111
第 14 節 概 論 .....	111
第 15 節 露天鐵道的鋪設 .....	114
第 16 節 鐵路機車車輛的運轉性能 .....	124
第 17 節 露天線路的運輸能力 .....	139
第 18 節 鐵道的橫向移設 .....	149
第 19 節 自卸卡車及皮帶運輸機的應用 .....	168
第 20 節 提昇機的應用 .....	172

第五章 排土工程	182
第21節 排土場及排土機械	182
第22節 排土工程	195
第23節 排土橋的應用	203
第六章 露天開採的水力機械化	211
第24節 實質和應用條件	211
第25節 沖採岩石的生產過程	213
第26節 水力設備的供水	220
第27節 水力運輸	223
第28節 水力機械化的採掘工作	240
附 錄	262

# 第一篇 概論與生產過程

## 第一章 緒論與一般概念

### 第1節 緒 論

礦體露天開採的目的為直接自地面將有益礦物開採出來。這種礦山工作稱為露天採礦工程。露天採礦工程藉助於開掘露天礦山坑道，即在地層中開掘空洞來實現的。這種空洞(空間)與地表連接的縱橫斷面的形狀是開口的。

露天採礦從古代就有了。但這種方法僅在最近五十年內才得到廣泛的應用。

礦體露天開採的特徵是排棄覆蓋於礦體上部的岩石，並有時也要排除其下部的岩石；地區氣候和有無地下水對生產有很大的影響。過去，採用體力勞動時，露天方法只用來開採離地表很近不含水的礦體。但適於這種開採方式的礦體越來越少，露天開採的意義就逐漸下降了。地下開採對體力勞動來說是比較適宜的，因為不必把覆蓋在有益礦物上的岩石棄掉，同時氣候對生產幾乎沒有什麼影響。

自前一世紀末葉起，由於在採礦事業中漸漸地運用了機器，在機器應用條件上，地下開採和露天開採的差別就表現出來了。地下開採機械化受到礦山巷道、坑內氣體及局部照明的限制，而露天開採的機械化就沒有這些限制。露天採礦中使用的各種機械都比較簡單、適宜和經濟。這些優點足能補償其比地下開採不利的因素(如排除岩石的必要性、氣候的惡劣影響等)。

現在全部有益礦物中有45%用露天開採。約有100%的建築材料、75—80%褐煤、65—75%的非金屬礦物和45—50%的金屬礦，是用露天方法開採的。



在礦物正確的開採同生產全面機械化的情況下，露天開採的技術經濟指標比地下開採要高：一般露天開採的勞動生產率為地下開採的3—5倍，事故相當於地下開採的 $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$ ，採礦成本相當於地下開採的 $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ ，在社會主義經濟中，這些情況是特別重要的。

現代露天開採方法應用的範圍還受到礦體深度的限制，其深度為數十至300—500公尺，應用最廣的為50—100公尺。而地下開採則可達極大的深度。

露天開採分以下幾個基本步驟：地面準備，礦體排水和隔絕水源，礦山基本建設，剝離及開採工作。

礦體地面準備包括排除那些使露天開採困難或使露天生產不能進行的自然的和人為的障礙。自然障礙通常為森林、大小河流和湖泊。為了露天生產，森林要砍伐和拔除，大小河流要引導到礦體境界以外，湖泊和沼澤應將水放盡，使之乾燥。人為的障礙可能是各種房舍及工程建築物，公路和鐵路。必要時解決這個問題的方法是把它們遷移到礦區境界以外。

預先排乾礦體，使礦體和水源隔絕及以後經常的排水工作，其目的是為生產工作創造可靠的條件。充滿了水的岩石，一旦暴露出來，就會使邊坡失去其穩定性，這往往是礦體露天開採最嚴重的障礙。

預先排乾礦體的任務是將水從礦體及其周圍岩石中排出。隔絕水源的任務是不讓水從外部流到礦體界限以內。最後，排水的任務是經常把存留在礦體內部和從外部滲透進來的水排走。完成上述這些工作的方法為開掘專門的排水坑道：一般都用地下排水坑道，很少用露天坑道。

礦山基本建設工程是開拓出入溝及開段溝以創造自地面至礦體的通路和採掘階段的最初工作線。

剝離工程的任務是排棄覆蓋有益礦物的岩石，從而開闢通向礦體的通路。按其用途，剝離工程是礦山準備工程。採礦工程就是把有益礦物開採出來。所以，採礦工程是露天採礦最後的工作

步驟。按有益礦物的性質，採礦工程常稱為採煤工程或金屬採礦工程，而按其目的則稱為回採工作。

地面準備，礦體排水，剝離和開採工作，最初是順序進行的；以後則同時並進，但在空間上仍是互相超前的關係。地面準備及礦體排水的工作先於剝離工程，而剝離工程又先於採礦工程。採礦工程在任何礦體露天開採時都有，而剝離工程在若干情況下可能沒有，地面準備工作只有在地面上有障礙時進行，排水工作則在含水礦體中進行。

剝離和採礦工程包括岩石及有益礦物的採掘，裝車，運輸及卸載。

採掘工作包括把岩石或有益礦物從整體中分離下來，並同時進行破碎工作。硬質(堅硬)岩石及有益礦物的破碎程度應該充分適合於裝車工作。將堅硬岩石從整體中分離出來並加以破碎的方法稱為穿爆工作。

裝車工作是從天然整體或從鬆碎體中將岩石或有益礦物裝入運輸工具，通常這一工作是用電鏟來完成的(圖1)。軟的及散粒的岩石或有益礦物不需要預先破碎，這時，採掘和裝車工作是同一生產過程；這一過程由電鏟或其他機械設備來完成。

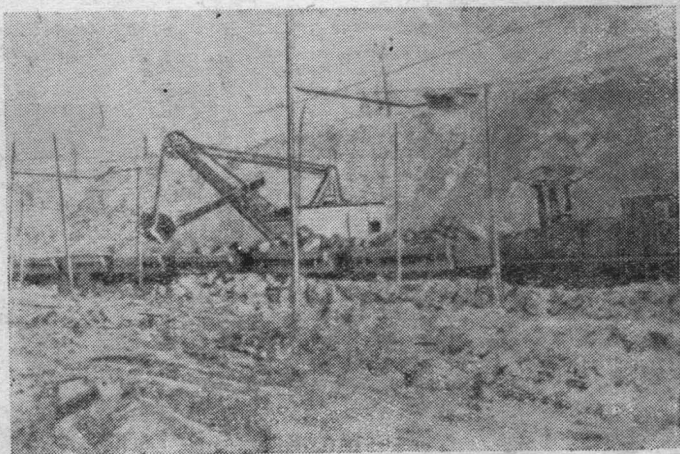


圖1 用電鏟裝載岩石

運輸工作是將有益礦物及岩石運送至相當遠的距離；基本上是用鐵路、機車車輛、載重汽車及運輸機來完成。有益礦物要運到礦體境界以外的堆棧及選煤廠、工廠及發電站的煤倉和鐵路車站去，以便發送給各用戶。岩石則運至排棄岩石的地點，即運至排土場。排土場可能位於所採礦體界限以內，也可能位於其界限以外，因而有內排土場及外排土場之稱。

卸載在固定的或臨時的工作地點進行。有益礦物卸在固定的地點，那裏有為卸載而建立的固定建築和設備。岩石卸在臨時地點，其位置是在不斷改變的，而且這裏通常沒有固定的卸載建築和設備。

採掘、裝載、運輸和卸載是露天採掘工程整個生產過程中的幾個環節。其最終目的是要把有益礦物既經濟又安全地開採出來。生產過程中的幾個環節在生產上是彼此聯系的。這種生產上的聯系隨着決定這些環節的條件——主要是露天深度，剝離厚度及礦體的含水性——的改變而改變。

上述這些改變也決定礦體露天開採的基本技術方式。這些方式稱之為開採方法。現代露天開採方法主要是和生產工作上的機械和水力機械工具相聯系的。第一種主要設備為電鏟，穿孔機，機車，鐵道車輛或其他運輸工具，其生產方法稱為電鏟式的生產方法；水力機械化的主要設備是射水機，水泵，泥泵，其生產方法稱為水力機械化的生產方法。

露天開採中，電鏟式生產方法的有效應用通常不受任何限制，而水力機械化大多只在岩石鬆軟和天氣溫暖時應用。

以合理方法進行露天開採和正確選擇設備，只有在考慮了有益礦物的性質、埋藏量、礦體形狀、周圍岩石的性質及水文地質條件後才能達到。最便於露天開採的是形狀整齊而又無水、有益礦物性質恆定、埋藏量豐富、成層不深而又位於穩定岩石中的礦體。

在十月革命以前，國產設備不能滿足露天開採的需要，在帝俄時露天開採幾乎沒有應用。在斯大林五年計劃時期奠定了強

大的機器製造業基礎，充分供應了我們工業所需的機器及其他機械設備。蘇聯露天開採創立的歷史及其進一步發展是和全盤工業化分不開的。露天開採在 1940—1941 年時在金屬及非金屬工業上已具有極重要的意義，而在煤礦工業中，是在偉大的衛國戰爭中具有了重大的意義。

許多蘇聯的現代露天礦都是規模宏大，設備完善的企業。其中在煤礦工業有鮑戈斯洛夫、柯爾金、卡拉崗達等露天礦，在鐵礦中有馬格尼、托哥爾斯克、高山、巴卡爾、戈洛勃拉戈達及基爾軒露天礦，在有色金屬中有柯烏拉得、金彼爾沙露天礦，在非金屬礦中有羅巴琴、巴仁諾夫及斯大林露天礦，此外，還有其他幾十個礦山企業。

蘇聯最老的露天礦是戈洛勃拉戈達露天礦，它存在已有 240 年了，〔高山〕露天礦也有 125 年之久。約 100 年以前在戈洛勃拉戈達露天礦中首次使用了蒸汽挖土機。這部機器在下塔基爾製造，為現代電鏟——露天採礦工程主要設備——的前身。

## 第 2 節 礦山技術概念

實行礦體露天開採的礦山企業稱為露天礦，開採礦體的露天礦山坑道的總體亦稱為露天礦。所以這個概念應用在兩種生產意義上，即經濟上及技術上。換言之，露天礦是用以露天開採有益礦物的露天礦山坑道的總體，並且是一個礦山企業的獨立生產經營單位。

按有益礦物的特徵，露天礦這個術語，作為技術名詞時，有時為其局部意義——採石場、採土場——所代替；按地形特徵常有凹陷露天及山坡露天之稱。凹陷露天位於地表一般水平面以下，有相當大的長度，而寬度不大。露天煤礦和露天砂礦就常稱為凹陷露天。山坡露天往往位於地表一般水平以上——在山坡、山麓、丘陵上。最通用和最廣泛的名稱仍為露天礦。

露天開採時，礦體一般都按有益礦物或岩石的同一性分為個別的水平分層(圖 2)。在開採過程中，各水平分層形成階梯狀。

露天中具有階梯狀的工作表面，而且用獨立採掘和運輸工具來進行採掘的一部分岩層稱為工作階段(圖 3a 及 b)。階段的一部分高度，用獨立採掘工具進行開採，但其所用運輸設備為整個階段所共同的，則稱為分段。兩個或數個共有運輸線路的分段組成一個階段(圖 3c)。若礦體僅分為階段不能保證岩石同一性時，就可分為分段以達到岩石的同一性。限制階段高度的兩個水平面相應地稱為階段的下部平盤及上部平盤(圖 4)。平盤可用來安置主要工作設備或空着不用，所以相應的稱為階段的工作平盤及非工作平盤。工作平盤的寬度一般為其相應階段高度的 2—4 倍。長度等於階段的全長。保留非工作平盤的目的是為了保證各階段開採的獨立性，其寬度根據需要來確定。

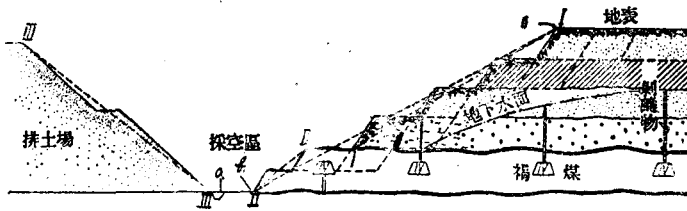


圖 2 露天礦橫斷面圖

I—I 岩石邊坡；II—II 有益礦物邊坡；I—II 露天邊坡；  
III—III 排土場邊坡；IV—IV 排水坑道。

非工作階段在高度上由寬度很小的平盤來限制。這些平盤稱為平台。為增加非工作階段坡面的穩定性而保留的平台稱為保安平台，其寬度為其相應階段高度的  $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{5}$ 。露天內為鋪設線路而保留的平台稱為聯絡平台。聯絡平台從出入溝起至其相應階段的工作線為止。其寬度應以運輸工具能自由通行為準，一般為 8—15 公尺。

由採空地區方面限制階段的傾斜的(有時是垂直的)前平面  $\sigma$  稱為階段坡面(圖 4)，橫平面  $\alpha$  稱為階段端面，階段坡面與水平面所成的銳角或直角稱為坡面角  $\alpha$ ，坡面  $\sigma$  與上下平盤的交線稱為坡腳線  $a$  及坡頂線  $b$ 。階段的工作面，即採掘工程的直接對象，並因採掘的結果而時時移動的面，是階段的端面  $\alpha$ ，有時是

階段坡面  $\sigma$ 。

平盤、坡面、端面、坡頂線及坡腳線等名稱在分段中也適用。

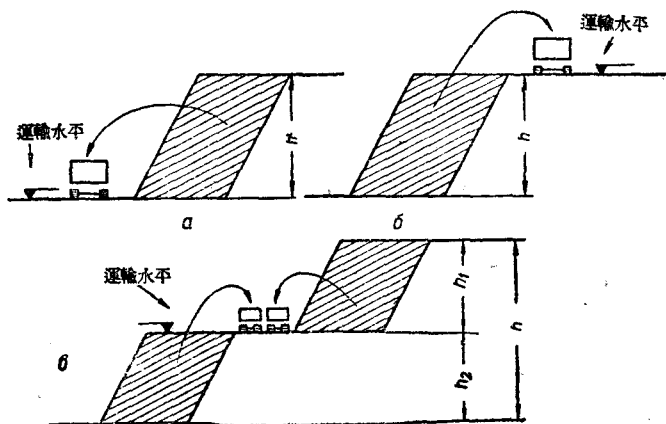


圖3 階段與分段

$h$ —階段高度； $h_1$  及  $h_2$ —分段高度。

階段用順序的平行帶  $A$  進行開採。此種帶稱為採掘帶；每一採掘帶為在階段上按寬度分成的幾部分中的一部分（圖5）。採掘帶還可能沿其長度將之分成幾個部分，這些部分稱為採掘區（I 及 II）。所以採掘區是採掘帶長度上的一部分，採掘區由獨立的採掘工具來進行開採。

安置運輸及其他採掘設備的階段平盤稱為階段工作水平；露天礦工作水平的數量與階段數量相等。供採掘用並為此目的而放在工作平盤上的採掘裝車設備集中於臨近工作面的臨面空間 3 上。在階段上設置運輸及採掘裝車設備的水平經常是一致的，在個別情況下也可能不相符合。

每個階段都定以與敷設運輸線的水平相當的標高。標高可以採用以海面為基準的絕對標高，也可採用以地表某固定點為基準的假定標高。第一種多用於深的多階段的露天礦中，第二種多用於不深的階段少的露天礦中。

採掘帶中已準備採掘的一部分長度，稱為階段工作線。其另

外未準備的部分稱為工作線備用部分。工作線準備工作主要是供給運輸及動力設備，以保證主要設備的工作。工作線是用長度來計算的，而所謂露天礦工作線即指露天礦各階段工作線的總和。

同時採掘的各階段的總和為露天工作帶，其位置由階段中最高及最低工作水平的標高來確定。通常在開採薄或中厚的水平或緩斜礦體時，工作帶的位置是固定不變的；在開採厚的水平礦體以及傾斜或急傾斜礦體時，工作帶是逐漸下降和延深的。

開採整個礦體或其一部分的結果就形成所謂「採空地區」。

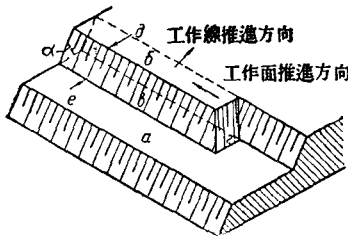


圖4 階段要素

採空地區可能作岩石排土場之用。限制露天礦及其採空地區的兩側斜坡稱露天邊幫。邊幫是各階段坡面及平盤的總和。露天中，進行採掘工作的邊幫稱為工作幫，不進行採掘工作的稱為非工作幫。與露天工作帶每一標高相當的露天底盤是最低階段的下

部平盤  $a$  (圖2)。而底盤普通是水平面形。露天邊幫與位於其上未經開採的地面的交線  $b$ ，稱為露天上部邊界線。邊幫與露天底盤的交線  $c$  稱為露天下部邊界線。通過上部邊界線至下部邊界線的面稱為露天邊坡。在垂直於露天上部邊界線的平面上，作直線使其與上下邊界線相交，此直線與其在水平面上的投影所形成的角度稱為露天邊坡角。這一角度決定着露天邊坡的位置。

露天的境界由其上下邊界線的位置來決定；露天境界的確定主要決定於露天開採的深度。露天採掘工作結束時的實際深度稱為最終深度，而最大計算深度即為設計深度。後者根據技術經濟的計算來確定。因此，最終深度應該等於採掘工作的設計深度。但在許多情況下，它也可能大於或小於設計深度。顯然，與最終深度和設計深度相對應的就有最終境界及設計境界；設計境界亦稱技術境界。

從地面到露天工作水平的通路為出入溝；各階段採掘的準備

工作為開掘開段溝(圖 6)。

溝是梯形斷面的露天坑道，它有一定的縱斷面。溝在兩側的邊界為其兩幫，下部為其底盤。出入溝有一定的下坡或上坡，而開段溝則是水平的。開段溝是出入溝在各階段上的延續。由於挖掘了開段溝就造成了該段的最初工作線。在階段初期採掘過程，採掘工作在開段溝的一幫或兩幫進行。這時，溝作為坑道來說就不存在了。常常在出入溝的一幫也進行採掘工作；因此，就形成不了不完整的斷面，通常成三角形。外形不完整的溝可稱為單側溝。單側溝也可直接在山坡上挖掘。溝的縱軸稱為溝線，它在平面上是半徑一定的直線或曲線。

用一個露天礦進行開採的礦體或其一部分稱為該露天礦的礦田，或稱露天礦礦田。若為開採露天礦田而已挖掘好出入溝及開段溝時，則此礦田被認為是已開發好了。所以礦體或其一部分(露天礦田)的開發可理解為為了鋪設運輸線路及創造露天工作線所進行的開溝工作；按其在生產中的地位來說，開發工程為礦山基本建設工程。

以上所述的階段、分段、坡面、平盤及其他要素的概念適用於露天工作幫和非工作幫，同時也適用於排土場。所以，階段可分採掘階段或工作階段、非工作階段及排土階段之類。其中，第一類階段上集中着真正的採掘工作；第二類是露天非工作幫上的階段與其平台的總和；第三類是排棄剝離岩石所形成的填方。非工作幫的邊坡角是較陡的，但應十分穩定。這樣的邊坡角稱為最終角。當露天礦壽命結束時，各幫的邊坡角均為最終角。正在開採着的露天礦只有非工作幫有最終角，工作幫的邊坡角是相當平

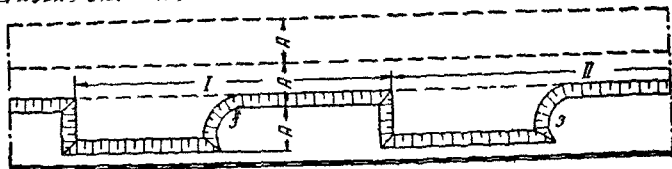


圖 5 採掘帶及採掘區

緩的。露天廢棄時的邊坡很陡，其目的是要減少岩石剝離工作量



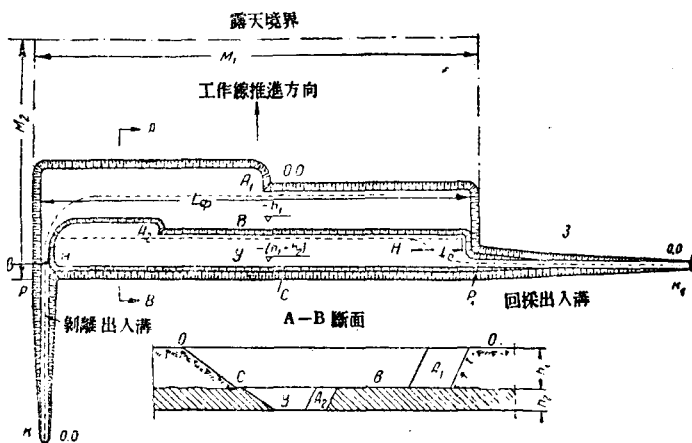
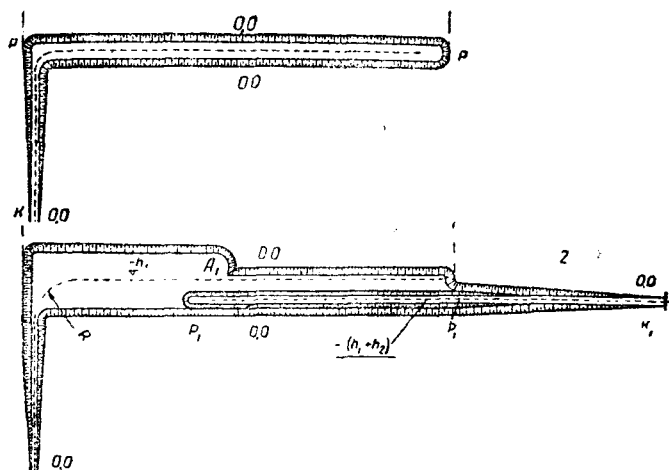


圖 6 外部獨立出入溝

(分成剝離的及回探的)

$KP$ —剝離階段  $h_1$  的出入溝；  $K_1P_1$ —回探階段  $h_2$  的出入溝；

$PP$ —剝離階段  $h_1$  的階段溝；  $P_1P_1$ —回探階段  $h_2$  的階段溝；

$A_1$  及  $A_2$ —剝離及回探工作面；  $B$  及  $y$ —剝離階段及回探階段的工作平盤；

$o$  及  $c$ —運輸平盤及保安平盤；  $yBO$ —露天工作盤；  $yCO$ —非工作盤；

$L_{\Phi}$ —工作線；  $O$ —地表面； 1, 2, 3—露天各個發展時期。