

書叢小學工

程 工 礦 採

著 銓 榮 胡

行發館書印務商

$$\frac{622.3}{\approx 798}$$

工學小叢書

探 礦 工 程

胡榮銓 著

商務印書館發行

## 目錄

第一章 緒論	一
第二章 金屬礦開採法	五
第一節 總論	五
第二節 試探	五
第三節 開崗	七
第四節 探礦	一
第三章 金屬礦地下開採法	一一
第一節 總論	一二
第二節 空崗法	一三
第三節 支柱法	二〇

第四節	充填法	二四
第五節	礦石暫填法	二八
第六節	陷落法	三一
第七節	混合法	三六
第八節	非金屬礦地下開採法	三九
第九節	金屬礦地下開採法之設備	四〇
第四章	金屬礦露天開採法	四二
第一節	總論	四二
第二節	人力採掘法	四三
第三節	動力採掘法	四六
第四節	撈礦機	四八
第五節	水力採掘法	五〇

第六節	圓崗法	五〇
第七節	平窿法	五二
第五章	金屬沖積礦床採掘法	五二
第一節	總論	五三
第二節	人力淘掘法	五四
第三節	機器採掘法	五八
第四節	水力採掘法	六三
第五節	地面採掘法之概要	六八
第六節	平窿採掘法	七〇
第七節	溶化採掘法	七一
第六章	煤礦開採法	七四
第一節	煤崗	七四

第二節	採煤法	七九
第三節	房柱法	八〇
第四節	方柱法	八八
第五節	方塊法	九〇
第六節	斜煤層開採法	九一
第七節	無烟煤開採法	九二
第八節	長壁法	九六
第九節	露天採掘法	一〇二
第七章	搬運及捲揚	一〇七
第一節	地下搬運	一〇七
第二節	礦車	一〇九
第三節	礦車路	一一〇

第四節	人力搬運	.....	一一二
第五節	畜力搬運	.....	一一二
第六節	機車搬運	.....	一一三
第七節	繩索搬運	.....	一一五
第八節	捲揚法	.....	一一八
<b>第八章</b>	<b>排水</b>	.....	一一二
第一節	總論	.....	一一二
第二節	重力排水	.....	一一二
第三節	水窩及地下堤壩	.....	一一四
第四節	抽水機	.....	一二五
第五節	吊桶及水櫃	.....	一二七
<b>第九章</b>	<b>通風</b>	.....	一二九

第一節	論總	一二九
第二節	自然通風	一二九
第三節	火爐通風	一三二
第四節	機械通風	一三四
第五節	安全燈	一三六
第十章	石油礦開採法	一四〇
第一節	石油礦之地質	一四〇
第二節	油田之鑽探	一四二
第三節	油井之開鑿	一四三
第四節	出油法	一四七
第五節	石油運輸法	一五〇

# 探礦工程

## 第一章 緒論

### 探礦工程

探礦工程(mining engineering)應用工程學智識與科學方法,以採取各種有用有價值之礦物。

### 探礦法分類

探礦工程方法,視礦物種類,而分爲金屬礦開採法,煤礦開採法,及石油礦開採法三大類。

探礦工程方法,又視礦之地位,而分爲地下開採法及地面開採法二種。二者各有優劣。地下開採法之優點爲:

(一)雨水氾濫,不礙工作。

(二)氣候寒熱,不受影響。

(三)地面之森林及農作物,不被蹂躪。

其劣點爲:

(一)支柱材料,耗費較多。

(二)通風不良,在煤礦尤甚。

(三)排水設備,費用較大。

(四)燈料消耗較巨。

地面開採法之優點爲:

(一)支柱材料可省。

(二)空氣充足。

(三)燈料較省。

(四)搬運便利,產量可隨時增加。

其劣點爲

(一) 挑掘浮土，費用較巨。

(二) 氣候嚴寒及雨水氾濫，有礙工作。

(三) 堆棄廢石泥土，須有適宜地點。

金屬礦及煤礦之開採方法，種類甚多，皆視礦床生成之狀態，礦物埋藏之深淺，地質之構造，礦量之多寡，礦質之優劣，以及地方環境之情形，而定開採之計畫。故在計畫探礦之先，必須將上述各點，加以精密研究，然後選擇最經濟之方法，逐步施行，始可達到發展之目的。

石油礦開採法，較爲簡單，首先探得油層之所在，詳察地層構造之情形，選擇適宜地點，開鑽油井，即可採取原油。

#### 探礦工程之範圍

探礦工程，範圍極廣：以學術方面言，則自地質學，礦物學，礦床學，以至機械，電機，水力等工程學，皆須有湛深研究，始足應付；以技術方面言，則自測量術，試金術，以至探礦法，開礦法，建築法等，皆須有充分之經驗與純熟之技能，始足致用。

本書所述探礦工程，專以開採，支柱，搬運，排水，通風等方法爲限；至於地質學，礦物學，礦床學等之研究，與夫動力設備，礦山測量，炸藥製造，礦樣試驗，工人衛生，礦山法規等，因限於篇幅，概未論及。

## 第二章 金屬礦開採法

### 第一節 總論

#### 金屬礦開採之程序

金屬礦開採法 ( metal-mining method ) 之程序，可分爲試探 ( exploration )、開崗 ( development ) 及採礦 ( exploitation ) 三期。然試探與開崗、開崗與採礦，有時同時進行，不能劃分，因工作之種類彼此相差不遠也。

### 第二節 試探

#### 試探之重要

礦床所在，雖會藉地質學上之智識與種種方法探獲 ( prospect ) ( 參閱馮景蘭著探礦 ) 而確定其有可開採之價值，然關於工程之計畫，方法之實施，又須試探一次，以測定

礦量之多寡，礦質之優劣，始可決定進行之方針。

試探之要點

試探之要點，約有三端：

- (一) 測定礦床之面積與平均厚度，及礦物之價值與數量
- (二) 礦床中可採的礦物面積之分布
- (三) 關於開採成本之計算，或決定開採方法之選擇

試探之方法

試探之方法有二：

(一) 地面試探。即打井，開溝及開掘露頭等法是。此係最便捷最經濟之方法，用此種方法試探，有時亦可測得礦床之儲量與礦質，以定工程之標準。

(二) 地下試探。有時礦床無露頭，或露頭在水底，或為流砂所掩覆，或深埋地下，皆非用地下試探不為功。試探此種礦床之方法，打鑽較打井為廉。若在礦區周圍，擇地試打數鑽，計算礦床之平均厚度及面積，即可測定礦量之多寡與礦質之優劣。

## 第三節 開崗

### 開崗之目的

礦床自經試探，確定開採計畫後，即從事於開崗之工程。開崗之目的有二：

(一) 開掘窿道，以供採礦及運礦之用。

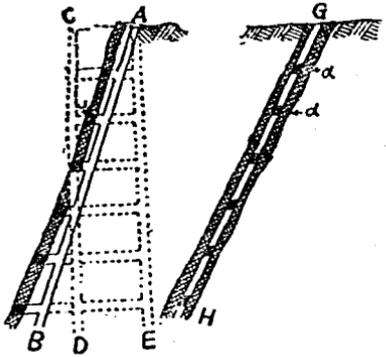
(二) 藉知礦床大小及性質等之更詳細情形。

### 礦崗之種類

礦崗之種類，視礦山形勢而分為窿 (tunnel) 及井 (shaft) 二種。礦藏若在山地，則開礦窿；若深埋地下，則開礦井。

礦窿又視礦床情形與地層構造，分為二種：其從露頭沿礦床掘進者曰縱平窿 (drift tunnel)；橫截地層掘進而與礦床相交者曰橫平窿 (cross-cut tunnel)。此兩種平窿，在開採礦石時均可作為排水道 (drift)。

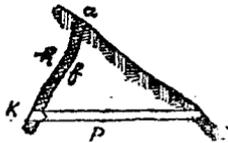
礦井有豎井及斜井二種：若係傾斜礦床，可用斜井由露頭沿鑽床掘下，較為便捷省費；礦床作水平狀或斜度極小者，則宜用豎井，井口須較斜井大，以便絞車上下。



第一圖 開崗



第二圖 縱平窿之開掘



K = 縱平窿

P = 橫平窿

a = 露頭

第三圖 橫平窿之開掘

第一圖至第三圖，表示金屬礦開崗之情形。如第一圖，豎井 C D，由礦脈上壁 (hanging wall) 開掘，A E 由礦脈下壁 (footwall) 開掘，A B 為由礦脈下壁開掘之斜井，皆須開掘橫平窿與礦脈相連接；G H 表示沿礦脈開掘之斜井。通常礦床雄厚者，則主井及平窿，皆由礦脈下壁開掘。第二圖表示縱平窿之開掘情形；第三圖表示橫平窿之開掘情形。

### 礦崗位置之選擇

關於礦崗地位之選擇，有三要點：

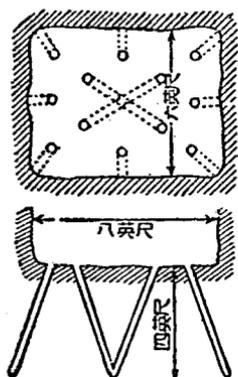
- (一) 礦石較軟於圍岩 (country rock)，則礦崗由礦床中開掘，較為便捷經濟。
- (二) 礦崗開在礦床中，具有一種試採之價值，遺失礦體之意外事件可減少。
- (三) 開出之礦物，可抵一部分工作費用。

### 礦崗之數

開掘礦崗之數，因通風與安全關係，每礦至少須有兩個礦崗通透地面。此外視出礦多少及礦床情形而定礦崗之數。礦內平巷 (level) 之距離，自五〇英尺至三〇〇英尺不等，普通為一〇〇英尺。深平巷之距離，常較上部平巷大。各平巷之間，開掘上山 (raise) 或下山 (winze) 以貫通之，供工人上下，搬運材料，通風，及出礦石等之用。

### 開鑿礦崗法

礦崗開鑿方法，視岩石軟硬而異。大都用手搖鑽或機鑽，打成小孔，裝入炸藥以轟炸之。鑽孔之法，先由中央開鑿數孔，向內傾斜，以



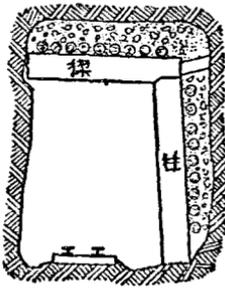
第四圖 圓錐形開鑿法

炸藥轟去一塊，於是再開炸周圍之孔。第四圖表示開掘方井之情形。開鑿之法，有V字形或尖劈形，圓錐形等等名稱。礦崗之面積，自一四平方英尺至一二〇平方英尺；鑽孔之數目，自六個至三五個；孔深自三·一英尺至八·八英尺不等，視地層之構造及礦床之種類而異。

支柱

礦崗開鑿之後，視崗壁之鬆硬，以定支柱之方法。礦井之牆壁，有用木架或鋼架作支

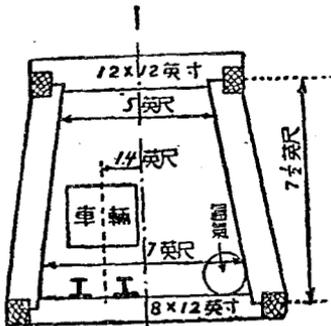
第五圖 半面架式支柱法



第六圖 三面架式支柱法



第七圖 全架式支柱法



柱者，亦有用水泥或岩石等圈砌者。大抵方井用木架或鋼架，圓井則用水泥等。平窿用木料作支柱者居多。崗壁疏鬆或壓力過大者，多用火磚砌成。木架支柱，有半面架，三面架，及全架三種，視崗壁之鬆硬而定。第五圖至第七圖表示三種木架支柱式。

#### 第四節 採礦

##### 採礦法之選擇

開掘礦崗，進行到相當程度，即着手開採礦物。採礦方法之選擇，雖視礦床之形狀，大小，斜度，深淺，及圍岩之情形與礦物之性質，價值等而定，然對於成本方面，尤須首先注意。蓋採礦工作，無論在開採或搬運，用人力或機械，關於採礦成本之主要關鍵，在於人工，故採掘須力圖適宜以增高效率，搬運須力求便利以節省人工。關於工人之安全，亦須有完全設備，以防意外損失也。

## 第三章 金屬礦地下開採法

### 第一節 總論

#### 開採法分類

金屬礦地下開採法 (underground metal-mining method) 可基於階級式 (type of stope) 的開採，而分為六種：即空崗法 (open stope) 支柱法 (timbered stope) 充填法 (filled stopes) 礦石暫填法 (shrinkage stope) 陷落法 (caving method) 及混合法 (combined method)。

所謂階級式的開採者，即開鑿礦體，逐段掘進，作成階級形（參閱第十圖及第十一圖。）又因礦床之厚薄平側不同，而有平掘法 (breast stoping) 仰掘法 (overhand stoping) 及俯掘法 (underhand stoping) 等之分。平掘法適用於平薄礦床，或巨大礦床之一部，開掘礦崗，準備使用他

種開採法者。由直立礦面，以水平狀向前開進，與開掘平窿相似。仰掘法，工人立於礦面之下，向上逐步掘進。俯掘法，工人立於礦面上，向下逐步掘入。至開掘之形式，種類甚多，不能殫述。

### 開鑿用具

開鑿用具，有手搖鑽（hand drill）及機器鑽（machine drill）二種。

凡礦脈狹窄，出礦量少，人工賤而動力貴，礦石較軟，初期開掘，以及他種原因，如欲得大小適宜之礦塊，以備化煉，減少鑽塵，以益礦工（鉛礦用機鑽開掘，塵埃飛揚，有害呼吸）等，皆以使用手搖鑽為宜。

大規模之礦山，蘊藏豐富，出礦量多，礦石堅硬，宜用機器開採。

## 第二節 空崗法

### 總論

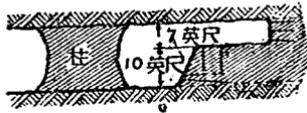
礦崗開採之後，不用支柱或充填而成一空崗者，謂之空崗法。大抵皆留有礦石作支柱，或用簡單木條以支持崗壁。此法適用於礦物成分低劣及圍岩堅硬之礦床。成分低劣，即犧牲一部分礦石作支柱，正足以減輕採礦成本。礦體偉大者，無論用仰掘法或俯掘法，皆須有堅硬圍岩，以

作崗壁。至留礦石作支柱者，其礦脈之傾斜度，須在三十五度至四十五度以下，而柱脚又須立於礦床之底，使之直立而後可。間有用撐木 (scaffolding) 以備堆置礦石或供工人立足者，最長不得過二〇英尺。

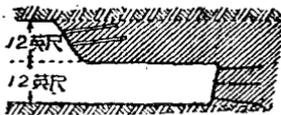
開掘空崗之主要方法有三：即平掘法、仰掘法及俯掘法等是。此外又有所謂鼠穴法 (Sopple-  
ring) 者，即隨礦脈挖掘，開成不規則之窿道，遇礦即掘，與我國土法探礦之情形相似。茲將各種方法開掘之情形，略述於下。

### 平掘法

此法適用於開採水平狀或傾斜不大之礦床，而厚在十英尺以下者。然厚在十英尺以上之平礦床，亦都用此法開採。先將上部六英尺或八英尺之礦石開掘，下部大都用俯掘法開採，如第八圖所示。亦有同一礦床，上部極堅韌，而下部較鬆脆者，則先掘下部，然後再開掘上部，如第九圖所示，較為適宜。此法較平常稍廉，每八小時開五孔，可出礦石三



第八圖 先掘上部之平掘法



第九圖 先掘下部之平掘法

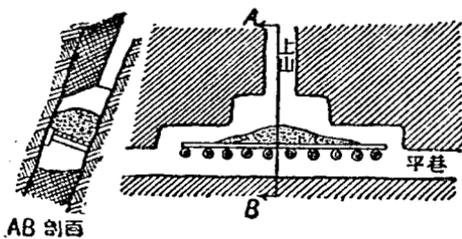
百餘噸。

### 房柱法

房柱法 (room and pillar method) 亦係平掘法，所異者更有規則耳。空崗及礦柱，作成長方形，有一定規則，礦柱或留作永久支柱，或用搶掘法 (robbing operation) 而採取之。此法大都用以開採石鹽及鐵礦等，因面積廣大，礦質均勻傾斜不大也。詳細情形，當於第六章煤礦開採法中述之。

### 仰掘法

此法因開掘、搬運、支柱等方法以及礦脈斜度，與礦石分佈等情形之不同，種類甚多。約而言之，即由下向上開掘耳。主要條件，須有堅硬之牆壁與礦石，足以支持空崗不至崩陷，而後可直接在平巷上之上山底邊開起。初掘一階段 (cutting-out stope) 於是逐段向上開掘，而成第一、第二、第三等階段 (back-stope)。平巷與階段之間，安置撐木，上鋪木條，以堆置開下之礦石。



第十圖 仰掘法

且保護平巷，以便搬運。木條之中，逐段安設木溜子 (chute)，使礦石由此溜下，裝入平巷之礦車，轉運出礦外。如第十圖所示，為仰掘法之一種。

**俯掘法**

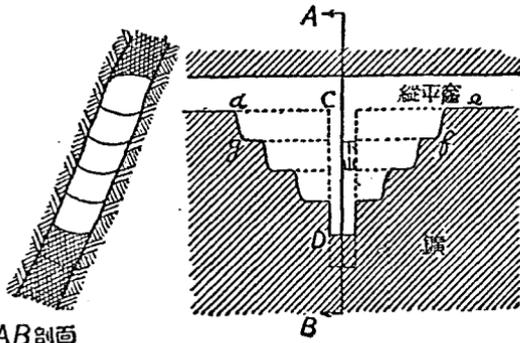
由上向下開掘，謂之俯掘。如第十一圖所

示，先從下山之上端一角C處開起，掘成d e f g一平層，俟e f礦面開進一段，即向下山開深一段，於是開第二平層。凡平巷下面，未經開崗之礦床，多用此法開掘，惟搬運礦石須用絞車，所費較大耳。大規模開採之礦，其礦床分配不規則者，用此法開掘，可以探尋礦脈。礦床如有斷層，用此法開採，可省開崗之費。又如小規模開採之礦，缺乏試探及開崗之資本者，亦可用此法。

**圓崗俯掘法**

圓崗俯掘法 (Glory-hole method)

適於開採巨大礦體或廣闊礦脈而有堅固之圍岩及礦石

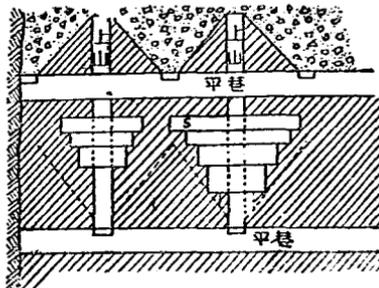
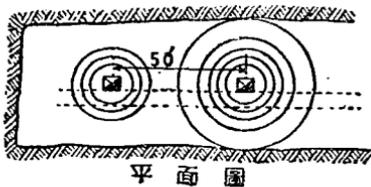


第十一圖 俯掘法

者。由上山之頂端向周圍開掘，成一漏斗形之圓崗，如第十二圖，圓崗S，在各上山之近頂處，用俯掘法向下及周圍開掘，留有六英尺至十英尺之礦柱，以支持平巷。在開掘之先，須將礦體開掘順槽（sub-level）數道，與上山連接。每槽之距離，約自二五英尺至五〇英尺，視礦石之硬度而異。各上山之距離，以相隔二五英尺為最經濟。至向下開掘，達到如虛線所示之處，於是逐漸將V字形之柱掘去，至適足以支持崗壁不陷落為止。

**順槽法**

順槽法（sub-level stoping）適於開採傾斜甚大之塊狀礦床；而礦石之堅硬，足以支持開掘後之礦崗而不至崩陷者。惟極硬之礦石，開掘順槽，亦不經濟耳。用此法開採之礦，其礦



第十二圖 圓崗俯掘法

井或平窿，皆開在礦體之外。各順槽之距離相隔一〇〇英尺至一五〇英尺。各槽皆有一主要搬運道與橫槽（或稱石巷）相接，以運送礦石，如第十三圖。至礦崗開成之後，用平掘法次第開採礦石。其由順槽截成方塊形之礦石，質極堅固，不至崩陷。

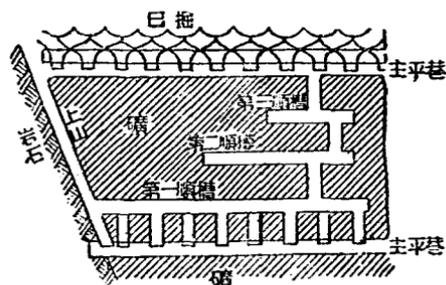
仰掘法與俯掘法之優劣

仰掘法與俯掘法，各有優劣

之點。

仰掘法之優點為：

- (一) 工人工作，逼近崗壁，礦石下墜，易於注意。
- (二) 廢石及礦石，容易處理。
- (三) 開整之計畫較多，可以選擇。
- (四) 所開礦崗，可改為支柱法或充填法。
- (五) 利用重力，易使礦石自行裂下。



第十三圖 順槽法

(六) 礦石下落，自行擊碎，可省錐擊之勞。  
仰掘法之劣點爲：

(一) 鑽孔向下，塵屑飛揚。

(二) 工人立於木架上，鑽掘較難。

(三) 須用木材搭架。

(四) 碎礦損失較多。

(五) 撐木工料費較巨。

俯掘法之優點爲：

(一) 鑽孔向上，可免塵屑飛揚。

(二) 工人立於礦石上工作，鑽掘較易。

(三) 木材可省。

(四) 碎礦損失較少。

俯掘法之劣點爲：

- (一) 空崗過高，時有礦石墜下之虞。
- (二) 因上原由，平巷距離須較小。
- (三) 廢石處置不易。
- (四) 搬運及處理礦石，較不經濟。

### 第三節 支柱法

#### 總論

所開礦崗須用木材或其他種材料作支柱者，謂之支柱法；其空崗法中之用撐木者，亦係支柱法之一種，不過較簡單耳。此法大都用於仰掘法，俯掘法用之較少。支柱方法，有下列各種：

#### 方棚法

方棚法 (square-set method) 大都用以支撐上掘之礦崗。方棚構造，種類甚多，茲舉一例，如第十四圖。方棚數層，各層相距，自三〇英尺至六〇英尺不等。工人立於層板上，向礦脈逐段開掘。掘下之礦石，先堆於棚板上，然後由木溜子溜下搬運道之礦車中，輸送至井底，起出礦外。

方棚之大小視下列各種情形而定：

(一) 棚間距離，須使處理礦石工作，有迴旋餘地。

(二) 視礦石之堅固與否而異。

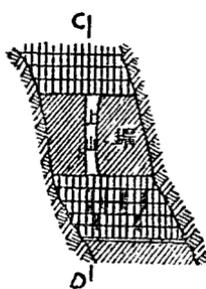
(三) 須與所開鑿之礦崗，大小適合。

(四) 用較大方棚可省木材。

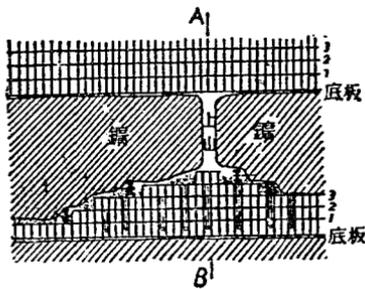
(五) 棚柱相距，與崗底面積有關。

(六) 柱間相距，最大為六·五英尺，最小為五英尺。

方棚構造法，不能僅憑理論，因(一)礦壁之壓力，容易超過所計算之量；(二)壓力之方向，鮮有與棚柱或梁檔平行，實際若干，不能確知；(三)各段木料間壓力之分配，不能一律。故方棚構造法常依據經驗上之規則，而有二要點：(一)柱頭之牙，須短於其面徑；(二)梁及檔與柱頭相銜接，至少須有二英



C) 縱剖面



AB 橫剖面

第十四圖

方棚法

寸。第十五圖，表示鋸木接頭之法。近來多用圓木作方棚，價值較廉，力量較大也。

第得犀馬法

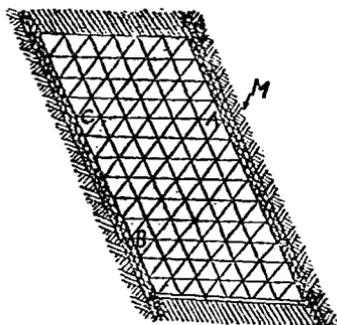
第得犀馬法 (Deidesheimer Sys-

tem) 亦稱加力方棚 (reinforcing square-sets) 木架作三角形，如第十六圖所示。壓力施於 M 點時，即分向 A C 及 A B 兩方。凡礦崗極大而岩石不堅硬者，常用此法。又有所謂謨耳法 (More System) 者，與此相同。此法木料較費，而交錯之柱梁，亦有妨礙交通之弊。

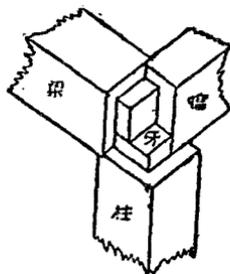
密拆爾分層支柱法

密拆爾分層支柱法 (Mit-

chel-slicing System) 用以開採扁平之礦床。將礦床逐段開掘，留礦石作支柱，與房柱法相似。然後用方棚支住空間，次第將礦柱開採。



第十六圖 加力方棚



第十五圖 鋸木接頭

支柱法之優劣

此法之優點爲：

- (一)可靠。如使用適當，無論何種地段，均可開採。
- (二)安全。
- (三)礦崗可自由伸縮。
- (四)開下礦石，處理便利。
- (五)通風優良。
- (六)舊崗沿邊礦石，亦可開採。

其劣點爲：

- (一)費用較大。
- (二)怕火災。

支柱用方棚，則木材消耗甚巨。近世研究節省材料，已得有下例結果：

- (一)用圓木以代鋸木。

- (二) 用第二類及較小木材。
- (三) 分季採購木料，以免臨時採買，價值太昂之弊。
- (四) 作雜木運，減輕稅額。
- (五) 用鋸下之板皮作鋪板。
- (六) 地面及地下搬運，應用機械。
- (七) 若崗底乾燥，可不用踏板。

#### 第四節 充填法

##### 總論

用廢石土砂等充填已經開採之鑛崗，以支持崗壁及供工人工作者謂之充填法。此法又有同時充填 (contemporaneous filling) 及延緩充填 (delayed filling) 之分。前者隨將已掘之部分，用砂石等填塞，一方面向前開掘，支柱法中常用之；後者俟崗壁罅裂有崩陷之象時，始將該部分填塞，凡空崗法及支柱法等均用之。當礦床逐段開掘時，常有一部分為空崗，一部分有支柱，

宜審察情形，逐步以砂石等充填，便利工作。至所掘礦崗之大小及形狀，則視崗壁及礦石之堅固與否而異。又施行充填時，首須注意搬運道及礦柱，毋令發生障礙。

充填材料之來源，不外下列各種：

- (一) 由崗壁掘下之岩石。
- (二) 利用開掘石巷之廢石。
- (三) 由地面採取砂石等運入。

充填法適用於開採傾斜度甚大之礦床，使充填材料，易於傾下。方法之實施，亦視礦床之大小，及圍岩之軟硬而略有差異。

#### 狹窄礦脈

凡礦脈狹窄，礦石堅硬，傾斜度在四十度以上者，用充填法開採最適宜。礦崗用平層或斜層仰掘法，逐段開掘，隨時填入砂石等，以利工作。充填材料，大都採自地面，由穿透地面之上山口傾入。

#### 削壁充填法

削壁充填法 (resuing)，即開掘礦脈旁邊之層岩，以作充填之材料。此法多

用以開採極狹之礦脈。其礦脈必須具有下列情形：

(一) 礦脈之一邊，有較軟泥層或成分極低之礦脈者。

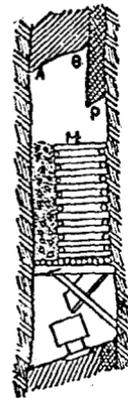
(二) 傾斜度極大者。

(三) 礦石成分極高者。

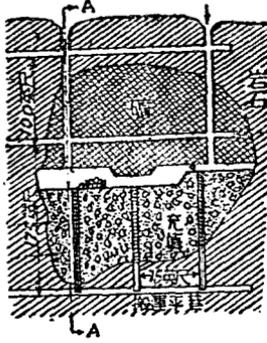
先將礦脈邊層，如第十七圖 A B，掘下作充填材料，然後逐步開採礦石 P，由木溜子 M 傾下平巷礦車中。此法利用邊層泥石作充填材料，最為適宜。

**巨大礦床**

凡礦床巨大，圍壁鬆軟，而礦石堅硬，礦筒不用支柱者，多用充填法。因礦床巨大，不能施用撐木，故先在下方掘一搬運平巷，然後開始仰掘，隨時充填。如第十八圖。充填材料，亦由地面而入。



第十七圖 削壁充填法



第十八圖 開採巨大礦床之充填法

橫槽法

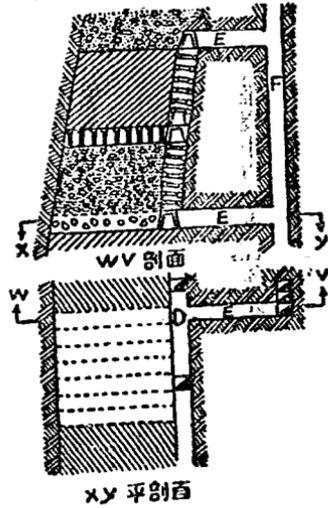
橫槽法 (Cross-cut)

method) 適於開探巨大或塊狀礦床，而礦石及圍岩皆鬆軟者。由豎井F掘橫槽E，如第十九圖，與縱平巷D相接。將礦床分為平層，由下向上，逐層開掘，每掘一層，即以砂石充填之，然後再開上層。充填材料，即利用橫槽開下之廢石，用手車由橫槽運入。

充填法之優劣

此法大都用以開探圍岩鬆軟之礦床，可節省木料之消耗。其優點為：

- (一) 尚壁可永久支持，不虞崩壞。
- (二) 可免火災。



第十九圖 橫槽法

(三)使用適宜，可將礦床採取淨盡。

(四)通風亦佳。

(五)利用開崗之廢石以作充填材料，可省搬運費用。

其劣點爲：

(一)採取及搬運充填材料，有時太費。

(二)建築上山及木溜子，所費較巨。

(三)碎礦石容易落入充填部分中，頗有損失。

## 第五節 礦石暫填法

### 總論

礦石暫填法，即將開下之礦石暫堆崗中以作支柱，俟完全探掘後始行搬去。惟礦石開下，容積增加，故在進行開掘時，必須隨時搬去百分之三十至百分之四十，騰出地位，以利工作；其餘一部分，則留置崗中，以供工人立足及暫作支持崗壁之用。礦崗開完之後，將礦石搬去，使空崗自

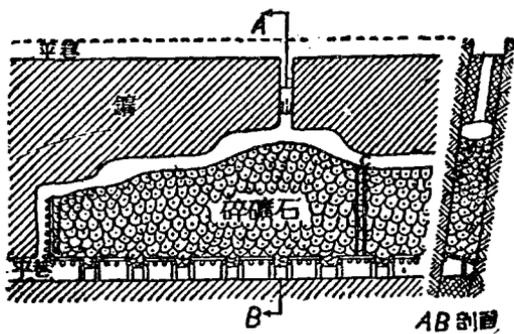
行陷落，或視礦床之情形，用砂石充填之。

適用之情形

此法適用於開採斜度甚大而礦石及崗壁堅硬之礦床，可以節省木料及礦崗中搬礦之事，故採用者甚多。第二十圖表示狹窄礦脈開採法。用仰掘法由上山之下端開起，初掘開下之礦石，落於縱平巷。於是陸續向兩方開掘，開下之礦石，堆積平巷撐木上。其漲出部分，由木溜子C溜下平巷礦車中搬去。

用此法開採，以平層仰掘為宜，使工作面得有均勻之高度。其他必要條件則有下列各點：

- (一) 礦床斜度，須在六十度以上，使礦石易於落下。
- (二) 礦床須有規則，以免礦石遺留於礦脈之下壁。
- (三) 仰掘礦崗，礦石須堅固，不致崩塌。



第二十圖 礦石暫填法

(四) 礦石成分，須分配均勻。

(五) 崗壁須堅固，毋使岩石裂下，雜入礦石中。

(六) 崗壁不能開掘礦崗。

**礦石暫填法之優劣**——礦石暫填法，亦有優劣之點。其優點爲：

(一) 上山與平巷，可相隔較遠，節省開掘之費。

(二) 崗頂工作面，無搬運礦石之煩。

(三) 木料所費甚少。

(四) 通風優良。

(五) 有時可完全不用充填。

(六) 在開掘狹窄之礦脈，須全用樺木，毋寧用此法以開採廣大之礦床而有堅固之崗壁者。

其劣點爲：

(一) 木溜子用門閘，則礦必須擊碎，方能溜下。

(二) 崗壁岩石，常有自行裂下，攪入礦石之虞。

(三) 礦石不能在各種崗面揀選，恐不能得均勻之成分。

(四) 礦石須留置崗中，以俟開完，多費一番擊碎之事。

(五) 開掘法一經決定，即不能變更，無伸縮自由之餘地。

(六) 崗壁若非極堅固，則崩墜之岩石，使礦崗錯亂，即不能再開成分較低部分之礦。

## 第六節 陷落法

總論

將礦石之下部先行掘去，使其上部藉自己之重量或上層岩石之重量，或二者併合之重量，自行陷落者，謂之陷落法。

應用此法開採之礦床，應有條件如下：

(一) 有大規模開採之價值者。

(二) 面積巨大，礦石富厚者。

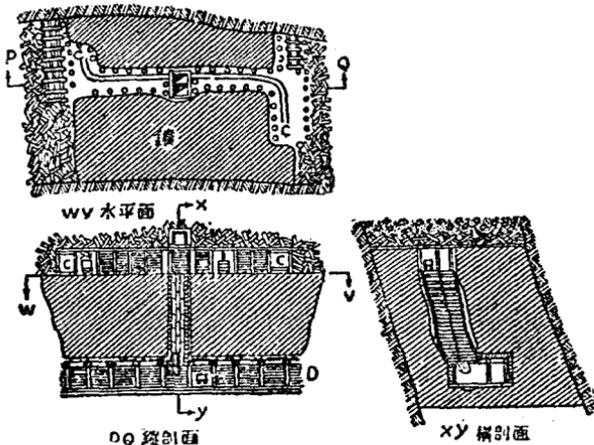
(三) 礦石無論軟硬，皆須具有劈開性而  
易於崩陷者。

(四) 礦石成分不高或價值廉賤，損失碎  
礦無甚重要者。

陷落法視礦床之情形，而有分層法 (top-  
slicing)、順槽法 (sub-level caving) 及方塊  
法 (block-caving) 等之分。其中又以各處情形  
差異，而有多少變化，不能固定。

**分層陷落法**

凡礦石鬆軟之巨大礦脈，  
塊狀礦床，或富厚礦床，均適用此法開採。如第二  
十一圖，將礦脈平分爲數層，各層距離約七五英  
尺。約在兩壁之中點作平巷 D。相隔一〇〇英尺



第二十一圖 分層陷落法

左右，開上山，於山頂端開平巷，C C，用木架支持，作搬運礦石之道。礦石由木溜子傾入平巷礦車中。上層開完，繼開下層，自上而下，逐層開採，至全體開盡而後止。

此法之優點爲：

(一)安全。

(二)礦石可完全開採。

(三)採出可煉礦石之成分高(百分之九〇至百分之九八)。

(四)當開採時容易選取礦樣。

其劣點爲：

(一)木料較費。

(二)自然通風不良。

(三)怕火災。

(四)所有開下之礦石，皆須經搬運。

**順槽陷落法**

此法適用於開採巨大礦床。礦石之硬度適中，使上層易於陷落。開採之法，與分層陷落法相似，先開平巷，相隔約自七英尺至一〇〇英尺。次開順槽，長約五〇英尺。由礦柱上槽開起，從兩邊向中央掘回。以木材亂置開採處上面，支持頂蓋。逐層平掘，自上而下，所採礦石，可煉成分亦高。

**方塊陷落法**

此法宜於開採巨大富厚之礦床。或成分分配平均之巨大塊狀礦床，上層地段，易於陷落。礦石之硬度，足以支持方塊開成後而不至崩壞。將礦床用上山及橫槽，開成大方塊，於是開掘方塊之下部，使之陷落，逐層由上而下，次第採掘。此法之開掘，計有四種不同之形式：

(一) 拍瓦比刻法 (The Pewabic System) 由主平巷開掘方塊之下部，使之陷落。

(二) 豎木溜子法，由順槽開掘方塊下方，使陷落之礦石，由豎直木溜子傾入搬運道礦車中。

(三) 斜木溜子法，由順槽開掘方塊下方，礦石由斜木溜子傾下。

(四) 木溜子式陷落法 (chute-caving)。礦床用主平巷及順槽開掘。各方塊之周圍，用不規則之空崗法開掘，使之不能支持，即行陷落。

各種方法之選擇，全視礦石之性質及硬度，與夫頂蓋之情形而定。拍瓦比刻式之優點，在於簡單及開崗之費較少；其劣點，在於保持支柱平巷之費較大，及所有礦石皆須經過搬運。豎木溜子法，可免搬運礦石之煩，但開崗較費，而木溜子常有窒塞之患，且保持平巷上窿道之費亦高。斜木溜子式開掘法之優點，在於構造較易，窒塞較少，而開掘橫槽等之事較省。

**陷落法之比較**

大規模開採之礦，用此法較用其他任何開採法相宜。若使用不適當，則礦石之損失，未免較他法為大。茲將各種陷落法之功效次第，列表於下：

第一表 各種陷落法功效比較表

觀點	第一位	第二位	第三位
開採成本廉	方塊法	順槽法	分層法
開採乾淨	分層法	順槽法	方塊法
可煉礦石之成分高	分層法	順槽法	方塊法
伸縮自由	分層法	順槽法	方塊法
礦石損失	分層法	順槽法	方塊法

陷落時礦石所占之百分比	方塊法	順槽法	分層法
木料消耗	方塊法	順槽法	分層法
自然通風	方塊法	順槽法	分層法
控制陷落	分層法	順槽法	方塊法
出礦量	方塊法	順槽法	分層法

## 第七節 混合法

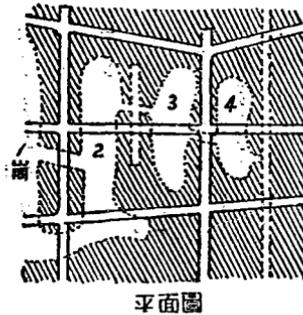
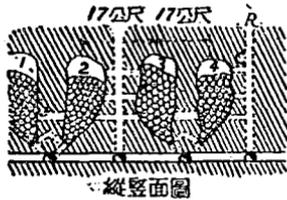
### 混合法

一礦開採時，同時採用上述各種方法在二種以上者，謂之混合法。此法變化甚多，不易特別分類。約而言之，凡開採軟礦石或硬礦石之巨大礦床，而規模甚大，其目的在於採取高成分可煉礦石以供化煉之需要者，大都皆用此方法。開採之情形，即將礦床分爲一組礦崗及礦柱，施行各種採礦法；礦崗大抵用礦石暫填法，而用各種方法以採掘礦柱。其爲礦石暫填法與方塊陷落法相合者，簡稱曰殘柱陷落法 (pillar-caving)。茲舉數例，列表於下。

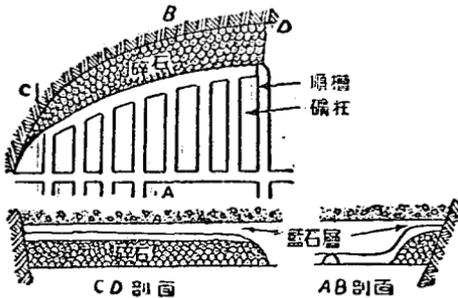
第二表 混合法實例

礦	名		
美國 亞利桑那 雷孔索爾 (Rayconsol) 銅礦	礦石暫填法	礦石暫填法	方塊陷落法
美國 亞利桑那 邁阿密 (Miami) 銅礦	礦石暫填法	礦石暫填法	礦石暫填法與 順槽陷落法
智利 布刺頓 (Briden) 銅礦	礦石暫填法	礦石暫填法	方塊陷落法
墨西哥 離盧司 (Duluth) 卡那泥亞 (Cananea)	礦石暫填法	礦石暫填法	方塊陷落法與 分層陷落法
美國 亞利桑那 科洛那多 (Colorado)	礦石暫填法	礦石暫填法	方塊陷落法
美國 亞利桑那 洪保德 (Humboldt)	礦石暫填法	礦石暫填法	方塊陷落法
美國 蒙大拿 銀礦 (Silver Dyke)	礦石暫填法	礦石暫填法	方塊陷落法
美國 亞利桑那 馬格馬 (Magma)	斜崗充填法	斜崗充填法	支柱法
羅累托礦 (Loretta Mine)	方棚支柱法與 延緩充填法	方棚支柱法與 延緩充填法	分層陷落法
美國 南達科他 和懷斯塔刻 (Homestake)	礦石暫填法與 延緩充填法	礦石暫填法與 延緩充填法	方棚充填法

此外如南非洲金剛石礦，則用礦石暫填法與順槽陷落法合併開採，與殘柱陷落法絕不相同。



第二十二圖  
智利布刺頓銅礦開採法



第二十三圖 慶伯利金剛石礦開採法

如上表所列之混合法，大都用礦石暫填法開採礦崗，及陷落法開採礦柱，茲舉布刺頓銅礦開採情形為例，如第二十二圖所示，礦柱與礦崗中線相距，各約一七公尺，礦崗最寬為九公尺，最狹為

四公尺。由上山 R 開掘橫槽 C，以備開採礦石，至礦柱則由平巷 D 採掘。

其用礦石暫填法及順槽陷落法合併開採者，可舉南非洲慶伯利金剛石礦（Kimberley

Diamond Mine）開採法爲例。如第二十三圖所示，由礦脈之一壁開起，次第將順槽末端掘大，至各槽互相接通爲止。開掘時留下碎石百分之四十至百分之六十，以供工人立足。礦崗之上，留有三英尺至十英尺之礦柱。若礦柱上面之順槽底爲廢石掩住時，則將所有碎礦石搬去，由斜崗底再開第二層。

## 第八節 非金屬礦地下開採法

### 總論

金屬礦地下開採法，已如上述，此外又有非金屬礦地下開採法。如石鹽、硫磺等礦，常成極厚礦床，深埋地下數千英尺，開採此類礦床之最經濟方法，大都用鑽孔法（*bore-holes*）。茲舉數例如下：

### 石鹽開採法

美國紐約城下，藏有鹽床厚達四七〇英尺，距地面自八〇〇英尺至二二五

○英尺。由地面打下鑽孔，以二層鐵管插下，直達鹽層。清水由外管灌入，使石鹽溶解，由內管吸上；亦有用內管灌水，用外管吸取鹽水者。

#### 硫磺採取法

美國路易斯安那省聯合硫磺公司 (Union Sulphur Company) 亦用鑽孔法採取深達四五〇英尺厚約一〇〇英尺硫磺礦床。由地面打下鑽孔，以熱至華氏三三五度之水灌入礦床，以溶解之。硫磺聚集孔底，然後用氣壓機 (compressor) 壓入空氣，將硫磺壓出地面。

#### 高嶺土開採法

高嶺土 (Kaolin) 常有成脈狀礦床與碎石英、長石、雲母石等同生，若用平常地下採掘法，甚不經濟，故亦用鑽孔法，將水壓入下端噴管以沖洗之，使之由井口溢出。

### 第九節 金屬礦地下開採法之設備

#### 採礦設備

金屬礦地下開採法之設備，最重要者有下列各種（機鑽炸藥礦車等除外）

#### 木溜子及木溜子門

木溜子 (chute) 為礦崗內搬移礦石之重要豎道或斜道，以木構成，裝於上山崗內，使碎礦石由此溜下，故稱木溜子。其樣式及大小，視礦量之多寡而異。木溜子門

(chute-gate)裝在木溜子之出口，用木或鋼鐵構成，樣式甚多，以易使礦石溜入車中爲要點。

**礦畚**

礦石開下，大都用礦畚 (scraper) 裝入車中。樣式甚多：

(一)齒條礦畚 (slusher) 用人力傾入車中，

(二)自傾礦畚 (self-dumping scraper) 。

(三)鋤式 (hoe-type) 礦畚；

(四)特式礦畚。

**礦鏟**

礦鏟 (shovel) 作挑鏟礦石裝入車中之用，亦有用於鏟掘礦石者。

**砂槽**

砂槽 (launder) 乃木製之槽，供土砂充填法之用。

## 第四章 金屬礦露天開採法

### 第一節 總論

適用之情形

露天開採法 (open-cut mining) 即地面探掘法。凡礦床露出地面或埋藏甚淺者常用之。

採用此法，計有三種要點：

- (一) 上部狹窄豐富之礦脈，用此法開採，可省開崗及設備等之巨大費用。
  - (二) 資本不充者，可利用此法開採，先得贏利，積資以備將來擴充之用。
  - (三) 大規模開採之礦，採用此法開採巨大礦床，較地下開採法為省費。
- 露天開採法，亦有限定之深度，否則常有礦壁礦石墜落之危險。惟在礦石鬆軟及斜度不大之

礦床，可開掘至較深之處。

露天開採法適用於開採平薄不深之礦床；凡巨大塊狀礦床，上蓋有岩石或沖積層者，用此法較地下開採法為宜；又有巨大礦床，可用此法沿山麓採掘者，更屬相宜。惟一礦始終用露天法開採者甚鮮，大都先用此法開採上部，而後再用地下開採法。亦有用此法以採取礦床邊緣之礦石者。

#### 開採方法

露天開採法，計分掘鬆、裝載、及搬運等事。開採之法，視礦床大小、形狀、深淺、與地形等而異。先以小費用供設備及挑掘上層浮土之用，浮土挑掘後，開始開採礦石。亦有用水力沖洗者。方法種類，可分為人力採掘（open-cut work with hand loading of ore）、蒸汽力或電力採掘（open-cut mining with steam or electric shovels）、水力採掘（hydraulic stripping and mining）及圓崗採掘（glory-holes）法等四種，茲述其要如下。

### 第二節 人力採掘法

#### 適用之情形

適用人力採掘之礦床，必須具有下列三條件之一：

(一) 礦量噸數甚少，不宜於機械採掘之設備。

(二) 大規模開採之礦，其礦床之形狀與環境之情形，不宜用機械或圓崗法採掘者。

(三) 大規模開採之礦而人工廉賤者。

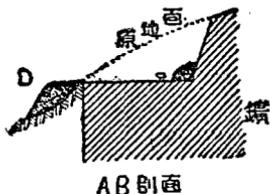
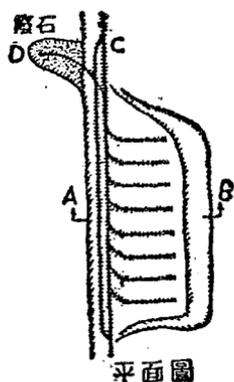
### 開採方法

人力露天開採法，大都將採掘面開成長條之階地 (bench)，其高度與寬度，以適於開掘礦石及安設便道為度。近世西洋各國，為保護工人工作安全起見，曾以法律規定階地之寬度，至少須十英尺。

沿山麓露出之巨大礦床，用露天法採掘，最為便利。茲舉一例，如第二十四圖，沿單級階地向前開掘；開下之礦石，裝入小車中，由便道 C 運往礦倉 (ore bin)；廢石則運至 D 處傾棄。便道之敷設，須便利礦車及空車之往返，不至有延擱阻滯之弊。但此種階地之採掘，使工作面之高度，易達於過高，時有礦石崩墜傷害工人之危險。故常將工作面分為上下數級，毋使過高。如第二十五圖。各級均敷設便道，以利搬運礦石。逐段開掘上山，使礦石由此溜下，傾入縱平隆之礦車中。

大規模露天開採，不用動力者，大都為人工廉賤之處。例如南非洲德蘭士瓦金剛石礦 (Pre-

mier Diamond Mine, Transvaal) 係一長約〇・五英里，寬〇・三三英里之橄欖石 (Kimberlite) 礦脈，用五〇英尺寬之階地開掘。僱用土著工人一萬一千人，每月可掘橄欖石一，〇〇〇，〇〇〇担（每担一六立方英尺）廢石八七，〇〇〇担。每担成本，連搬運計算在內，不及美金三角。因人工廉賤，較用動力採掘，更為合算也。



第二十四圖 露天開採法



第二十五圖  
露天開採法工作面之分級

### 第三節 動力採掘法

#### 適用之情形

露天開採法適用動力者，其主要條件有二：

(一) 挑掘礦床上面之浮土，較其他露天開採法為宜；

(二) 凡礦量豐富，面積巨大之礦床，且埋藏不深而礦質又分配均勻者，宜用動力採掘。

用此法採掘設備及挑掘浮土之費用較大，故僅適於開採巨大礦床，須其壽命及出產量足以抵償設備而有餘者，始可着手進行。

#### 方法分類

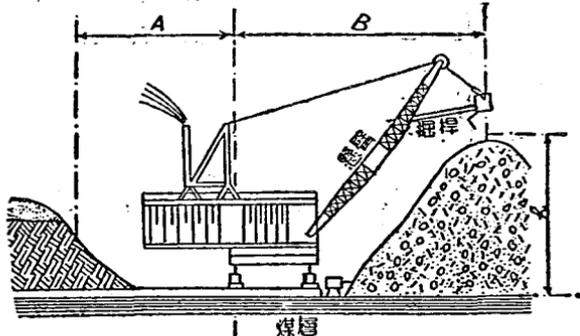
動力採掘，有蒸汽力及電力二種；蒸汽力採掘，較為普通，但近來以電力之發達，採用電力採掘者，日見增加。露天開採法之用動力，首須注意有規則之工作及優良之管理，當以最低費用而得大量出產為要着。凡礦床之形狀及位置，地方之情形及供求，皆須通盤籌畫。如敷設鐵道，處理礦石，必須得到非常便利，不至有延滯工作之虞，方有發展可期。

#### 薄礦層之採掘法

平薄有規則之礦層，用蒸汽鏟 (steam shovel) 採掘，頗為相宜。第二十

六圖表示美國伊里諾斯 (Illinois) 米中飛爾得 (Missionfield) 赫特森及帕特孫煤礦公司 (Hartshorn and Patterson Coal Co.) 開採法。浮土厚約二〇英尺至三〇英尺，用蒸汽鏟挑掘。傾土堆 (dump) 高，高達四五英尺；挖掘徑 A 七四英尺；機器中心至傾土堆 B 六六英尺。便道敷設煤層上。浮土掘盡，即掘煤層，每八小時可採煤自一千六百立方碼至一千八百立方碼。

用蒸汽鏟法為露天開採法中最經濟之方法，工作費用既輕而裝運又便利，故出礦之量亦大增。鏟臂之長度，可自四五英尺至九〇英尺，傾礦堆可高自三二英尺至六七英尺，挖掘徑自五五英尺至一〇三英尺，鏟之中心至傾礦堆，自五〇英尺至一〇一英尺。至於富厚傾斜之礦床，用此



第二十六圖 赫特森及帕特孫煤礦公司開採法

機採掘，出礦量可達最高點，實為露天開採法最適宜之機器。

巨大礦床之採掘法

凡巨大礦床而形狀有規則者，用動力

採掘，首宜注意搬運方法。第二十七圖所示為螺旋式 (spiral system) 之便道。敷設此種便道，必須有適宜地形，以備便道之斜坡，彎曲，支路等之易於布置，而轉軸器不多，方為相宜。故必在有規則之大礦床，始可用此法。

第四節 撈礦機

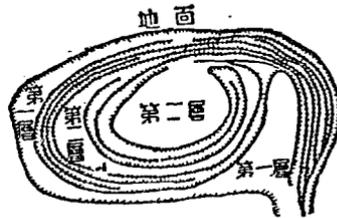
構造

近世大規模之露天開採法，多採用撈礦機 (drag-line excavator) 以採掘鬆軟潮溼之礦床，其成績較用蒸汽鏟為佳。機之構造，與蒸汽鏟彷彿，橫臂長自四〇英尺至一一〇英尺，

用一立方碼至四立方碼之畚斗 (scraper bucket)，懸於臂端之索，以挖掘礦石。

優點

此機之優點為：



第二十七圖 螺旋式便道

(一)可採掘水平面以下之礦石。

(二)傾礦堆可升至極高之處。

(三)挖掘時逐漸自行後退，故機身可立於固定地位。

(四)懸臂不受挖掘力之影響。

**適用之情形**

撈礦機適用於採掘不規則之礦床。

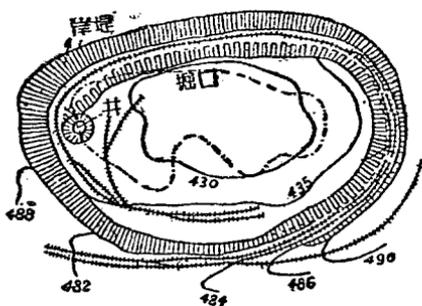
此種礦床，若用蒸汽鏟，往往不能採掘淨盡，因其橫臂之半徑太小，須屢經移動，不能如撈礦機之伸縮自由也。

**實例**

美國密執安 (Michigan) 省麥諾密泥山

(Menominee Range) 巴爾幹礦 (Balkan Mine) 用

此法開採赤鐵礦 (hematite) 礦床。第二十八圖表示該礦開採情形。礦床居池沼之下，上覆流砂泥石等。在開掘之先，於礦床外打一礦井，並開平窿及上山，以放積水。敷設螺



第二十八圖 巴爾幹礦開採情形

旋形便道，斜坡為百分之二・六，掘深自六〇英尺至一〇八英尺。四圍築環堤，防水沖入。用撈礦機二部，每日十小時，可掘泥石二千立方碼，泥石掘盡即探礦，每日可出礦石約五千噸。

### 第五節 水力探掘法

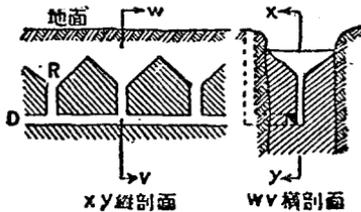
#### 適用之情形

露天開採法用水力探掘，適於沖積層及礦石鬆軟之礦床，必須附近有足量之水，始可應用。詳細情形當於第五章金屬沖積礦床探掘法中述之。

### 第六節 圓崗法

#### 開採方法

圓崗 (Glory-hole) 露天開採法，適用於巨大礦脈。探掘情形，已於第三章第二節空崗法中述之。第二十九圖表示開採大礦脈之方法。於地面下五〇英尺至一〇〇英尺處，開縱平窿 D，而以上山 R 透至地面。在各上山周圍，用俯掘法掘成漏斗形圓崗，開



第二十九圖 圓崗法開採大礦脈

之邊緣斜度，以易使礦石溜下爲度。挖掘之法，與普通露天開採法相似，作成階級，以備安放鑽機。掘下礦石，由各上山溜入縱平降之礦車中，起出地面。

適用之情形

此法限於開採巨大富厚之礦床。礦石由斜坡溜下，毋使壅塞上山道。

圓崗法之優劣

此法之優點爲：

- (一) 設備費用不大。
- (二) 挖掘浮土之費較省。
- (三) 圓崗採掘後，可作傾棄廢石之用。
- (四) 蒸汽鏟等之置備可免。

其劣點爲：

- (一) 開掘礦井及上山等之費用較大。
- (二) 天氣惡劣，有礙工作。如雨水沖刷上山，及冰雪時在斜坡上工作，亦屬危險。

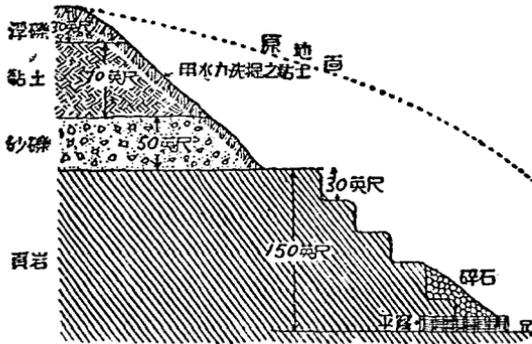
### 第七節 平窿法

#### 開採方法

平窿法 (tunnel method) 係圓筒法

之變相，不開上山，而以較廉之法，搬運礦石。於工作面開掘平窿，長約二五英尺，用木作支柱，如第三十圖，以五架支入窿中，窿外亦置七架或八架，上鋪厚板，使碎礦石落於其上。俟積至相當重量時，次第抽去木板，使礦石落於礦車中運去。

露天開採法優點第一為成本低廉。然關於斜坡之開掘，首須注意安全，故計算挑掘限度，頗屬繁雜。倘無周密計畫，結果亦不能使成本低廉也。



第三十圖 平窿法

## 第五章 金屬沖積礦床採掘法

### 第一節 總論

#### 沖積礦床中之金屬礦物

凡砂礫及其他沖積層中，常含有可採之金砂及他種金屬礦物。其中最重要者為自然金，其次為鉛（即白金）及錫石（cassiterite）。此外如自然銀、鉍及銅、汞、銻、辰砂（cinnabar）、磷鋇鈦礦（monazite）、金剛石，及其他種寶石等，間亦存於此種沖積礦床中。

#### 金屬沖積礦床之分類

金屬沖積礦床，依其生成之性質，可分為渣滓沖積（residual placer）、山麓沖積（hillside placer）、川谷沖積（gully or creek placer）、階地沖積（bench placer）、沙洲沖積（river-bar placer）、砂礫平原沖積（gravel-plain placer）及海濱沖積（beach placer）等。蓋山中礦脈受風霜雨水之侵蝕，變為砂礫，隨流漂下，堆積於溪谷河邊，久而造

成沖積層，內多含有金屬，而有可採價值也。

### 開採方法分類

探掘沖積礦床之方法，大都可分為二類：

- (一) 地面探掘法，用以採取地面之礦砂，又可分為人力淘掘、機器探掘，及水力探掘。
- (二) 地下探掘法，用以開採埋藏於地下之礦砂，計有平窿探掘法 (dirt mining) 及溶化探掘法 (thawing method) 等。

## 第二節 人力淘掘法

### 總論

人力淘掘法，為探掘小量礦砂之用。將礦砂掘起，置於器皿或溝槽中，用水淘洗，沖去泥土，礦砂因質量較重，遂沉於皿底。此法可分為盤金法 (panning)、搖槽法 (rocking)、長槽法 (long tom)、地槽法 (ground-sluicing) 等。茲述其大要如下。

### 盤金法

此法為探礦者採取金砂，及小規模淘洗金砂之用。設備極簡單，僅有鋤、鏟，及盤等三件器具，即可從事淘掘。盤係木製，裏面用鋼鐵皮包裹，光滑不銹，如第三十一圖，口徑自一〇英寸

至一六英寸，高自二英寸至二又八分之三英寸不等。將掘出之礦砂傾入盤中，以水洗之，傾去泥水，則金砂聚集盤底。此法極簡單，惟出礦量亦極少，每十小時最多不過淘洗礦砂一立方碼。第三十二圖為盤金之狀。

**搖槽法**

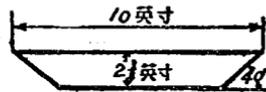
搖槽 (rocker 或 cradle) 係木製之長方形小槽，上設一篩，將礦砂傾於篩上，灌之以水，同時擺動之。細礦砂隨水流經篩眼，落下槽底，水由槽尾流去，礦砂則聚集槽底條格中。篩上面之粗石，用水洗淨傾去，然後再將掘起之礦砂傾入淘洗。每十小時，可洗砂三立方碼至五立方碼。

**長槽法**

長槽用木製成，較搖槽長，下端附有斜篩 S，如第三十三圖。槽長十二英尺，傾斜度為一比一二或一·五比一二。礦砂傾入小窠 F 或槽中，由水流沖洗，穿經篩眼，流入下面條格槽中，聚集槽底。第三十四圖為長槽流水沖洗金砂之狀。

**地槽法**

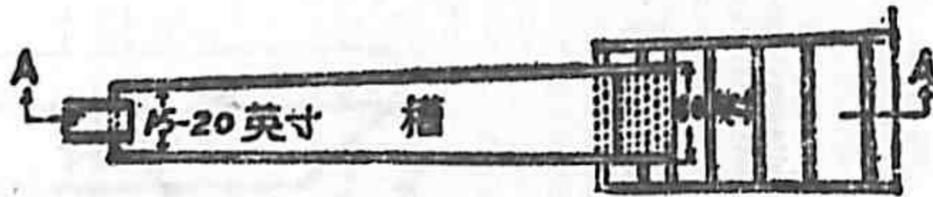
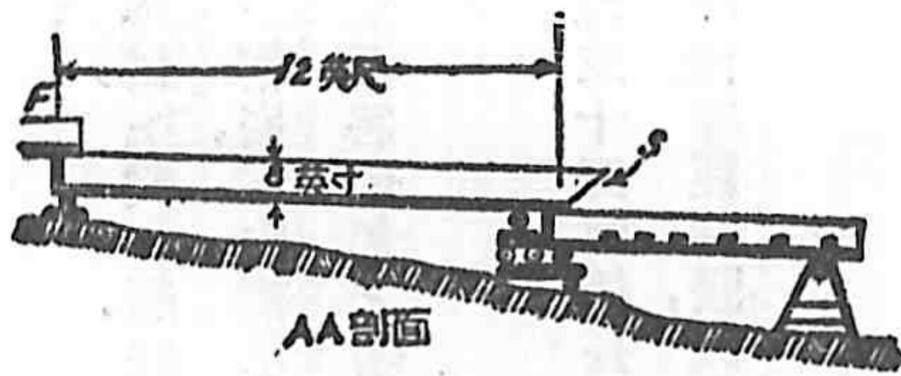
地槽為開掘地面之水溝，用以淘洗礦砂者。用此法淘掘之礦床，必須有下列情形：  
(一) 係深在八英尺以下之淺砂礫。



第三十一圖 淘金盤



第三十二圖 盤 金



第三十三圖 長槽沖洗金砂

(二) 斜度足以沖洗礦砂。

(三) 水量充足。

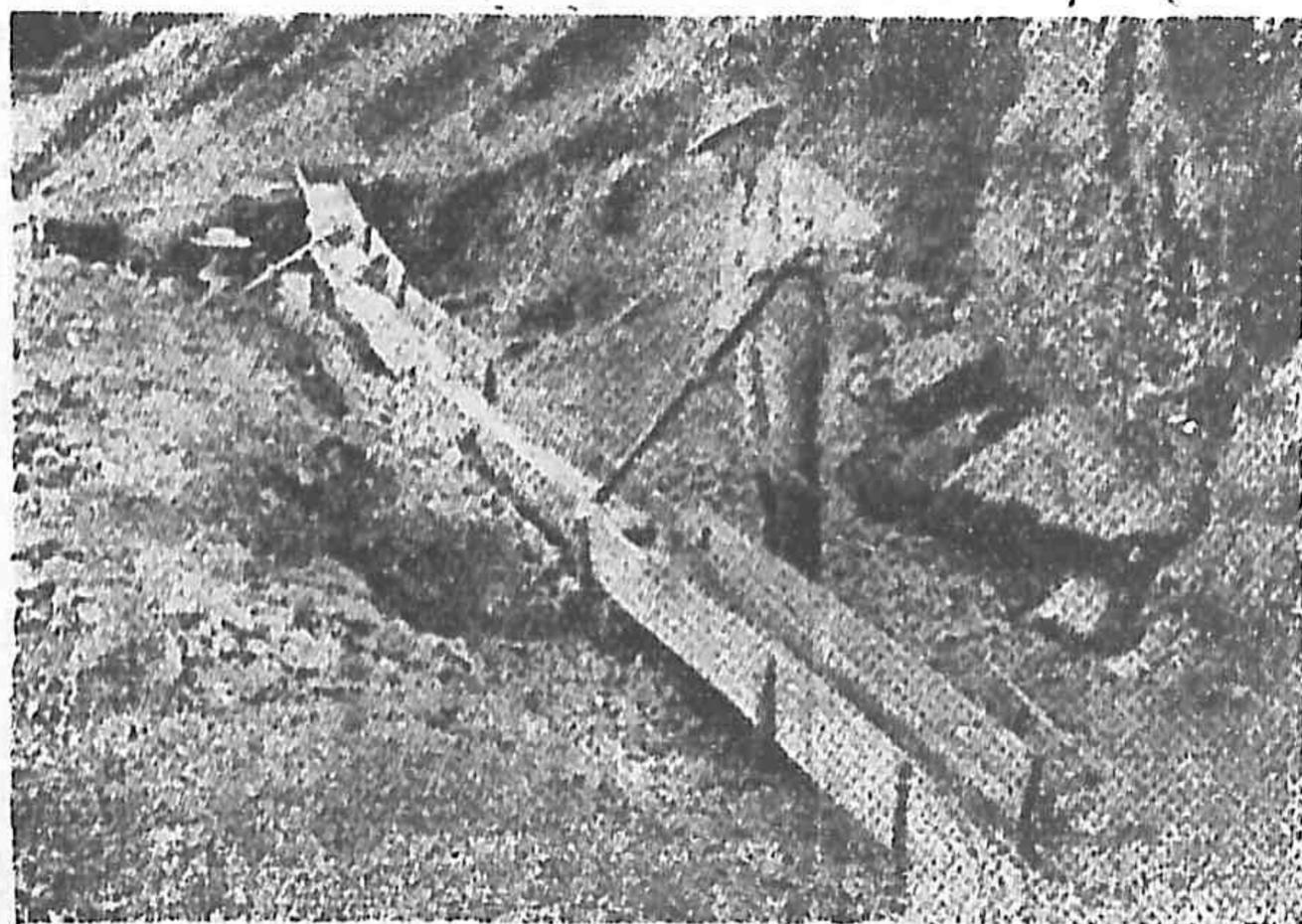
(四) 槽之下端，有天然之斜岩層可供傾倒廢石之用。

第三十五圖表示地槽採掘法。木槽M，置於水流下端。先沿礦床一邊開掘淺溝T，向右侧推進，將掘下之礦砂挑入木槽中沖洗之。淺溝逐漸開掘深廣，達於底部岩層時，則砂礫堤岸，即行陷落入水流中沖洗而去。此法每日兩人可洗砂二〇立方碼至三〇立方碼。

**其他方法**

此外又有鏟入法(*shoveling*—

*in*)及馬雷法(*horse-scraping into sluice*)。鏟



第三十四圖 長槽流水沖洗礦砂

入法多用於淘掘川谷沖積礦床，即將礦砂用鏟挑入水槽中沖洗，最為簡單。馬雷法用以探掘鬆軟之砂礫，即用馬力鏟掘礦砂傾入水槽中沖洗，每十小時可掘砂礫三〇立方碼至四〇立方碼。

### 第三節 機器探掘法

#### 適用之情形

凡極不規則之沖積礦床，不能

利用水流沖洗礦砂者，則用探掘機器 (mechanical

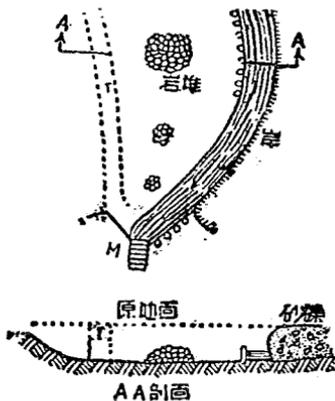
excavator)。其種類甚多，略述如下：

#### 吊車探掘

用吊車 (derrick) 作膚淺露天

掘，其方法約有三種：

(一) 將砂礫挑入手車中，推至一定地點，傾入



第三十五圖 地槽沖洗礦砂



### 吊車斗。

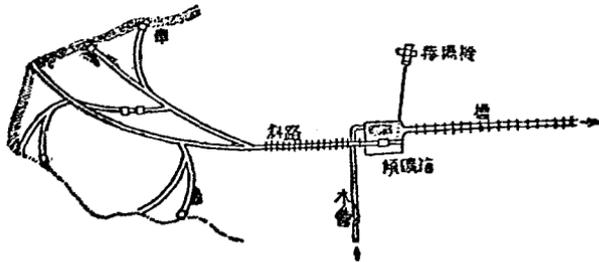
(二) 將砂礫挑入小輪車中，沿便道推至吊車處。

(三) 將砂礫直接挑入吊車斗中起出。

茲舉一例，以說明此法。如第三十六圖。砂礫用鋤掘鬆，挑入吊斗中吊起，傾於木箱 D，由木槽流水沖洗之。以此法採掘底層不規則之沖積礦床，周圍可及直徑一四〇英尺之圓圈。平均二二小時，可採砂五〇〇立方碼。

### 車路捲揚法

凡鬆軟平坡之沖積礦床，可用車路 (carr and incline) 捲揚法開採。如第三十七圖，先將礦床上層浮土，用水力沖掘後，下層砂礫，用人力挖掘，裝入車中，沿便道推至斜路下端，再由捲揚機 (hoist) 捲上，傾於礦箱內，藉流水沖洗。槽尾砂石，用雙馬雷運去。此法每十小時以六輛容二二·五立方英尺之小



第三十七圖 車路捲揚法

車裝運，可出砂二五〇担至三〇〇担。

**動力礦番**

動力礦番 (Power

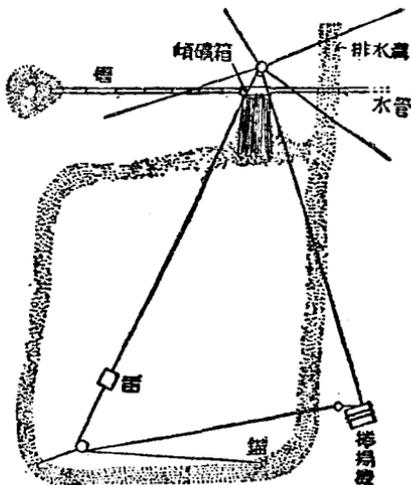
scraper) 適用於採掘淺沖積層之砂礫。若沖積層之底部岩床堅硬，則不宜用此法；有時即底床鬆軟者，亦仍須經過人力清理，方採得乾淨。第三十八圖，表示動力番開採之一法。

**蒸汽鏟**

用蒸汽鏟將礦砂鏟入車

中，以馬力或機車運至斜路底，再由捲揚機

捲上，傾入固定水槽中沖洗，如第三十九圖。此法用長臂旋轉汽鏟最佳，惟砂岸高在十二英尺以下者，須屢次移動，頗費事，若高達三〇英尺之砂岸，可作一層採掘，較為相宜。凡水量不足，斜度不宜於水力採掘之沖積層，以此法開採最佳。但有下列各情形之一者，即有失敗之虞：



第三十八圖 動力礦番採掘法

採礦工程

(一) 試掘凍結之砂礫。

(二) 底部岩床堅硬。

(三) 搬運沖洗，均不便利。

(四) 砂礫裝運，時有間斷，而分量又大，使水槽及其他聚集金砂之

格槽，常有過多過少之弊，而損失金砂。

(五) 處理槽尾廢石，較為煩難。

(六) 移動不如水力採掘之便利。

撈礦機

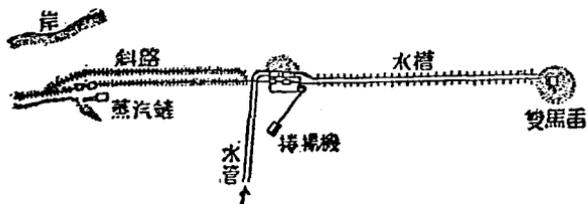
此機不宜於採掘堅硬砂礫及底床不規則之沖積。然其

優點則有：

(一) 可掘及之範圍較大；

(二) 傾砂堆可達最高處；

(三) 可省裝運等事之煩。



第三十九圖 蒸汽鏟採掘法

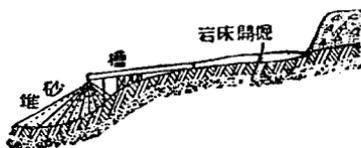
## 第四節 水力採掘法

### 總論

水力採掘法 (hydraulic mining) 係利用流水壓力以開採砂礫。此法爲一八五二年馬的孫 (E. E. Mattison) 氏所發明。將水儲於蓄水池，或由溪流用溝渠等導出，再藉水管噴至沖積層上以沖掘之。管端附有龍頭 (giant 或 monitor)，以控制噴射之方向。一部分砂礫爲水頭直接沖掘，一部分下面被洗空陷落，隨流水沖去。若在膠結之沖積層，須先行炸鬆，然後再用水沖洗。至水之供給，洗掘方法，水管，龍頭，及水槽等之佈置，則視地方之情形而異。第四十圖，表示斜坡及堆砂處之理想情形。

### 適用之情形

水力採掘法之基本問題，爲水之供給，槽之斜度，及堆砂之地段。方法雖簡單，然亦有限制。用水力作小規模之開採，固亦有成效；然大都皆宜大規模開採，因設備費太巨，而又須有靈巧之管理與工程也。



第四十圖 水力採掘之佈置

(一)水之供給，必須有充分之量，始足以供出砂之用；工作之速率，全賴有效之水量壓力。源高量小之水，其功效較源低量巨之水大。平常龍頭之地位，須在水源下二〇〇英尺至四〇〇英尺或六〇〇英尺，若不到二〇〇英尺，其效率即低。

(二)水槽之斜度，大都以百分之四至百分之五為最佳；若斜度太小，工作與費用俱增。

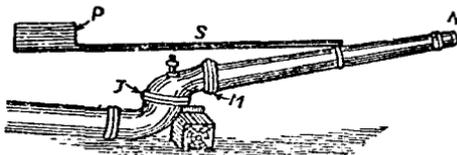
(三)堆砂之地段，應在水槽之尾端。

水力開採，因地方氣候及水量供給之關係，常有限定之季節，其能全年工作者甚鮮；即有蓄水池之設備，亦不能通年工作。故大規模水力採掘，因砂礫、水源，及季節等重要條件，不能得到完全解決，即不能有絕對滿足之情形。凡缺乏天然斜槽及適宜傾砂地點，常不能應用水力採掘。

地面水力採掘法之設備

地面水力採掘法之設備，重要部分如下：

(一)龍頭 龍頭為水力機之最重要部分。第四十一圖，係新式兩節龍



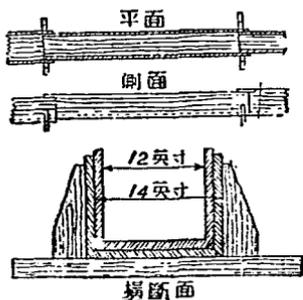
第四十一圖 兩節龍頭

頭，與水管相接，在J點可作水平狀旋轉，在M點可作向上高舉，而以槓桿S及重箱P控制之。如此構造，可向上、下、左右旋轉以沖洗砂礫。至噴嘴 (nozzle) N 出水之量，可用公式  $Q = C a \sqrt{h}$  計算之。Q 為每分鐘出水量（立方英尺）；a 為噴口面積（平方英寸）；h 為噴嘴水頭之高度（英尺）；C 為常數，視出水系數而定。有定系數為 0.8 至 0.85 者，亦有定為 0.94 者，故 C 為 2.68, 2.84 及 3.14 等數，而理論上則為 3.34。

(二) 水槽 水槽 (sluice) 之構造，用木或鋼鐵等，每段普通長十二英尺，稱為槽箱 (sluice box)。第四十二圖表示槽箱之構造。

槽之斜度，以槽箱之長與斜度若干英寸相比，普通槽箱長為十二英尺，故若稱五英寸斜度者，意即每十二英尺有斜坡五英寸也。

槽之長短，以適於沖洗砂礫及分離金粒為度，大抵自一〇英尺至三〇英尺不等，視砂礫之情形而定。至其斷面



第四十二圖 槽箱

面積，與水量，砂礫量，及流水之速度有比例。

(二) 槽底溝 槽底溝 (rifle) 為設於槽底之塊石或木條，用以截獲金砂者。作溝之要點有

三：

(甲) 阻止隨水流沖過之金屬砂粒，使有沉下之機會。

(乙) 使水流成囊形，以截獲金砂，使之沉下。

(丙) 使流水發生漩渦，可粗分金砂為大小數種，沉於溝底。

溝之種類，有石溝 (cobble or rock rifles)，木塊溝 (block rifles)，鐵軌溝 (rail rifles)，鋼板溝 (high-carbon steel plates) 等。石溝用塊石鋪成，費用最廉而耐久。惟表面極粗，故斜度須大。尾槽大都用石溝。木溝用方木塊或木條鋪成，在木材廉賤之地多用之，以鋪水槽之上部，因清理較易也。鐵軌溝有直條橫條二種。鋼板溝因表面平滑，故斜度須較小。

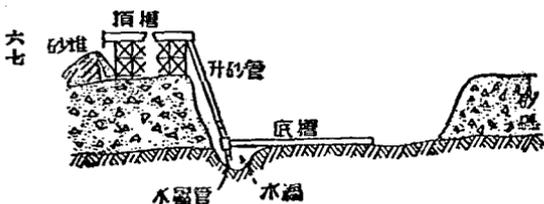
(四) 旁槽 旁槽 (under current) 為廣闊扁平之支槽，設於主槽邊旁，地位稍低，槽底亦鋪以溝，與主槽相似，惟槽底寬廣，使流水沖過，分為薄層，減低速率，為截獲金砂細粒之用。亦有用水銀

灌於溝中，使金粒化為汞膏（amalgam）以便清理者。

(五) 水壓升砂機 凡處理尾砂（tailing）不便之沖積層，則用水力升砂機（hydraulic elevator）採掘。藉龍頭水力洗掘之砂礫，由地槽沖至升砂機之底，再用水力沖壓，上升至地面頂槽，如第四十三圖。此法適用於採掘平沖積層，而缺乏水槽斜度及傾砂處者，但須有足量之水。砂礫太粗，不能穿過升砂管者，須炸碎之，則費用亦太巨，不宜用此法。

升砂機之效率，以公式  $E = H(62.4W + S) + 62.4N(H_1 - H)$  求之。E 為效率之百分數，H 為升高度（英尺），H<sub>1</sub> 為噴嘴之水頭，W 為每分鐘之龍頭等水量（立方英尺），S 為每分鐘升砂量（大約每立方碼等於三，〇〇〇磅），N 為每分鐘噴嘴出水量（立方英尺）。普通效率，僅為百分之一〇至二〇。

(六) 撈金機（gold dredge）如第四十四圖所示，係一



第四十三圖 水壓升砂機

平底船，裝設挖掘機，砂篩，及洗砂機等，用以採掘水底之砂礫。此法適用於採掘沙洲沖積層及砂礫平原沖積層傾斜度不大者。水底之砂礫，用此機向一邊採掘，將洗淨之廢砂，傾棄於後方，次第向前推進，則水底沖積，可採掘乾淨。第四十五圖表示撈金機裝置之大概情形。斗 (bucket) 之大小，自三立方英尺至一八立方英尺不等。其構造分爲兩部：底及背係鑄鋼合金所製；唇係錳鋼製。形狀不一，有用弧形挖掘面，以求堅固者；有用圓邊平扁挖掘面者。篩以旋轉篩 (trommel) 爲佳，使粘土砂礫，易於擊碎沖洗也。

### 第五節 地面採掘法之概要



第四十四圖 撈金機在河中撈金

地面探掘法之概要

沖積礦床地面探掘法，計有挖掘與搬運兩事。茲括其大要列表如下：

第三表 地面探掘法概要

挖掘法	砂礫裝入	搬運砂礫入水槽之方法	附註
流水助以挖掘	水槽	憑重力	稱為水槽法
挖掘及鏟起	手車便道	手運	鏟入法
挖掘及鏟起	車路	手運至斜路底捲上地面水槽	車路捲揚法 底層及地形平坡
挖掘及鏟起	礦斗或礦箕	人力推至吊車捲上地面水槽	車路捲揚法 底層及地形平坡
用犁及雷	礦雷	礦雷	底層及地形平坡
用動力雷	礦雷	礦雷	礦雷可由斜路紋上 至水槽
用蒸汽鏟	車路	牲口或機器	
用蒸汽鏟	洗砂機	蒸汽鏟掘	
用撈礦機	雷斗	雷斗	
憑水壓力	水槽	水流	稱為水力探掘法

用機械挖掘機械裝於船上附有砂篩水槽等

稱為撈金法

### 第六節 平窿探掘法

適用之情形

古代海濱沖積層，有埋沒地下頗

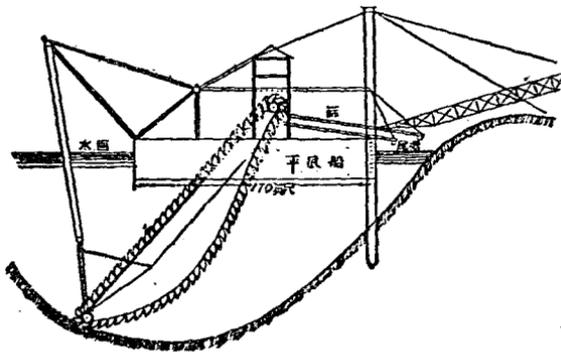
深，不宜用露天探掘法者，大都開掘平窿，用地下開探法開掘。惟此法設備較繁，必須富有金砂之砂礫，始有開探之價值；又若砂礫係巨塊圓石，必須經過炸碎者，則費用太巨，亦不能獲利。故在計畫平窿探掘法之先，必須精密計算，始可進行開探。

開採方法

平窿開採法，與其他地下平窿法相

似。惟須注意開窿之方法，使出水便利，且須免去捲揚及抽水等之設備費用。此法限於開採階地沖積層及其他

第五十四圖 金 撈 圖



高地礦床。第四十六圖表示普通平窿水力採掘法。主要搬運道H，高寬各六英尺，用強固木架支承，以圖永久。向兩邊開掘橫槽C與底層岩床成角度，其斜坡以適於搬運為度。又開輔窿D，每相隔約

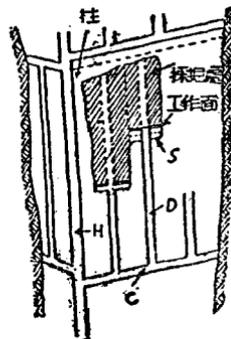
七〇英尺，亦用支柱。由輔

窿一端開始平掘，留有礦柱，以保護主要搬運道。虛

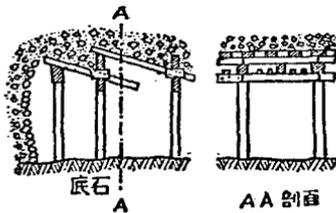
線S，表示工作面之進行情形，謂之長壁回掘法

(breasting)。若係流砂(quick sand)之沖積層，

用擔桿支柱法(forespiling)以開掘平窿，如第四十七圖所示，擔桿之上，鋪以木板，阻砂陷落。



第四十六圖  
平窿水力採掘法



第四十七圖 擔桿支柱法

## 第七節 溶化採掘法

適用之情形

在北地寒冷之區，砂礫沖積層，常年凍結，不能用平常水力探掘法開採，必先將凍結砂礫，用熱水或蒸汽等溶化，始可採掘。若係露天開採，先用冷水溶化，再藉日光之熱，亦可採掘。若沖積層埋藏較深，必須用地下平窿探掘法者，非用溶化法不可。惟此法設備費更巨，必有豐富砂礫，始可開採。從前在寒地打礦井或開礦窿，遇有凍結，常用柴火或燒熱之石以溶化之。近來大都用蒸汽或熱水，亦有用冷水者。

蒸汽溶化法

蒸汽溶化法 (steam thawing) 約自一八九八年前後，初行試用，嗣後進展甚速。蒸汽由尖端空心管導入，使尖端緊壓工作面，則凍結砂礫，因熱溶化，汽管逐漸下陷。溶化之方式有二：

(一) 用一附有多端之管，對着工作面，通入蒸汽，約十小時左右，將管取去，則凍結砂礫已溶化，然後採掘之。

(二) 用單端之管，溶化一孔，然後將管取出，插入熱氣軟管 (sucker)，如此逐漸鑽掘，將全部工作面溶化，而後採掘。

### 冷水溶化法

蒸汽或熱水溶化所需之熱，耗費燃料甚巨，故近有用冷水溶化法（cold water thawing）者。以地面常溫之水，由管導入砂礫，方法與蒸汽溶化相似。水復由管之周圍，流出地面，則凍結砂礫業已溶化。此法用者甚多，因不需燃料，費用較省。若與蒸汽溶化法比較，則每立方碼砂礫溶化費，在蒸汽溶化法須美金一·五三圓者，在冷水溶化法，只須一·〇八圓。此一九二〇年，育空金礦公司（Yukon Gold Company）試驗之結果也。

## 第六章 煤礦開採法

### 第一節 煤崗

#### 總論

開採煤礦，亦經探礦，開崗，及採煤三項程序，與開採金屬礦相似。開崗之計畫，視煤層之斜度及埋藏深淺而定；若在山地，平層則開平窿，斜層則開斜窿；若煤層深埋平地之下，則先開煤井，達到煤層，然後再開煤巷（entry）。在計畫開崗之先，有首當注意者二點：即地面設備（surface plant）之位置及煤崗（mine opening）開掘之位置是也。

#### 地面設備

地面設備，須擇適宜之地位，使煤崗及選煤場等，各能得到最省費及最有效率之工作。故地位之選擇，當注意下列各點：

- （一）斜坡（grade）須有相當之斜度，使煤車能藉重力下降，平常斜度，以百分之一・二五

為最相宜。

(一)岔路(siding)之數及長度，須使空車及煤車有停貯之餘地。

(三)礦廠(mining plant)之設備，包括煤車傾煤處，鍋爐房，動力房，修理房，機器房，馬房等，須有廣大之空地。

(四)煉焦爐(coke oven)若係可煉焦之煤，須有貯煤場及煉焦爐設立之地段。

(五)辦公室，職工宿舍，醫院，浴室，及娛樂室等，皆須有充分之地位與相宜之地點。

#### 煤崗地位

開掘煤崗之地位，視地形而定。如在平地，依地面設備之適宜地點開掘，可使採煤與搬運等費，降至最小量。若在山地，則地面設備，雖可依上述各點決定，而煤崗地位之選擇，須權衡生產成本之增減與投資所得報酬之增減，以決定之。故開掘煤崗之地位，須注意下列二點：

(一)須在煤層最低點，使搬運及排水，可借重力之助，以節省各種設備費用。地下搬運，常較地面搬運為宜，尤以冬季嚴寒及春季雨水之時，地面搬運，窒礙更多。

(二)須與傾煤處(ripple)相近，使地面各項設備，集中一處，易於管理，且可免除地面搬運

之種種困難。

**煤崗種類**

開掘煤崗，視煤層生成之情形，而定開崗之方式。約而言之，不外四種：卽縱平窿（drift / 橫平窿（tunnel）斜窿（slope）及煤井（shaft）是也。茲分述其大概如下。

**縱平窿**

縱平窿之大小，視出煤之多少，煤車之大小，搬運之性質，煤層之厚薄，及頂岩與底岩之性質等而定。平常窿之高度，不能過於煤層之厚，以免開鑿頂岩或底岩之費用。據理想上之情形，以高六英尺六英寸為最佳。窿之寬度，亦視需要之目的而異；供通風用之窿，以寬八英尺至十英尺為普通；供搬運用者，至少須十英尺。

**橫平窿**

橫平窿亦稱為石巷，大都由煤層上方開進，而與煤層交截者。窿之大小，視各種用途而異。開掘之方法，視地層之硬軟而定。

(一) 堅硬之岩層，用普通開鑿岩崗之方法，與金屬礦開崗法相似。

(二) 流砂或污泥，不能不用特別之方法開掘。方法甚多，其中最著者為：

(甲) 擔桿支柱法（參閱第四十七圖）

(乙)打樁法 (wedging) 即用尖端木條，由窿之周圍打入，構以木板，以阻流砂。

(丙)氣壓法 (pneumatic process) 用圓鐵筒插入污泥，並用空氣壓入，以阻周圍之水。

(丁)凍冰法 (freezing process) 用鐵管導入凍冰媒 (如食鹽與氟化鈣之混合液等)，

使水凍結，以便開掘。

(戊)用金屬護板，插入窿之周圍，阻流砂或水等侵入。

#### 斜窿

斜窿與平窿相似。若斜度不大，則一切大小，開法，支柱等，皆與平窿無異；若斜度甚大，則與煤井之開掘法相似。惟開掘斜窿，較開掘平窿或煤井難，而所需材料，及搬運廢石等，費亦較巨。又為保護工人計，須於窿旁設躲避處，以防車輛上下時，工人有被輾軋之危險。

#### 煤井

煤井有圓形，橢圓形，多角形，及長方形四種。以木壁分為二格或數格，供絞車上下及通風與安設汽管等之用。井之大小，視捲揚，排水，及通風等之情形而異。大約寬九英尺，長約一七英尺，分為三格，二為絞車路，一為汽管或工人上下道，但亦有長達二八英尺者。

煤井開掘法，視地層之硬軟而異。無水之鬆土，即用普通長柄鏟挖掘；堅硬岩石，用炸藥轟炸；流

砂，含水砂礫，或砂石等，則用排椿法 (pile) 擔桿法，氣壓法，凍冰法，及用套筒 (hoop) 等法開掘。排椿法係用成排木椿，由井之周圍打下，以阻流砂。開掘之後，井壁用耐久材料圈砌。套筒法，用金屬或木材，構成與井大小相等之筒，下端附有鋼鑿，容易插入鬆土，其方法與開掘平窿所用之護板相似。其他各法，已如前述。

煤井圈砌法，視地層之性質而異。堅硬地層，僅用木材以支持絞車導幹 (guide) 汽管，線索等。鬆軟地層，用木材支持井壁。若有水地層，須用各種材料圈砌井壁，以抵抗水或流砂等之壓力。圈砌材料，有白松，水泥，鋼鐵，磚石等。方井多用木料，木料之厚，以公式  $t = 0.12s \sqrt{r}$  計算之。t 為木料 (白松) 之厚 (英寸)，s 為木段長度 (英寸)，d 為水頭之深 (英尺)。

圓井多用鋼鐵或磚石水泥圈砌。圈砌厚度，以公式  $t = \frac{whd}{2(r+wh)}$  計算之。t 為砌壁之厚 (英寸)，d 為井之內徑 (英寸)，h 為水頭 (英寸)，w 為一立方英寸水之重量，即 0.0361 磅，r 為所用材料每平方英寸之擠壓強度 (crushing strength) 之三分之一。

## 第二節 採煤法

### 採煤法之選擇

採煤法，視煤層煤質之情形，而定選擇之標準。當以產銷情形，採煤費用，及減少工人危險等事，為先決問題。關於採煤方法之選擇，首當注意下列各點：

- (一) 煤層厚度，煤量，地位，煤之雜質。
- (二) 煤層頂盆之壓力。
- (三) 煤層頂盆與底層之強固。
- (四) 煤層之斜度與劈開性。
- (五) 煤氣之有無。
- (六) 煤之用途種類。
- (七) 工人僱用之性質。

以上七要點，在選擇採煤法之先，須精密計算與審察之，始可決定宜用何法開採。

探煤法之分類

開探煤礦之方法雖多，然大別之只有兩類：即地下探掘法(closed work)

及露天探掘法(open work)是也。

地下探掘法又可分為二部：

(一)先由井底或窿口開二道或二道以上之煤巷(entry)，再由煤巷向兩側開橫槽，於是逐段開掘煤房(room)，中留煤柱(pillar)，以作暫時支柱之用。此種開採法，稱曰房柱法(room-and-pillar)。此外又有所謂殘柱法(board-and-pillar)，方柱法(panel method)等等，皆係房柱法之變相。

(二)不先開煤巷，即由連續工作面，將煤一次開掘，不留煤柱，俟煤開完之後，使頂盆自行陷落，惟沿邊築有石牆，以保護搬運道。此種開採法，稱曰長壁法(long wall system)。

第二節 房柱法

總論

烟煤開採法(briuminous mining methods)之採用房柱法者，先將煤層用主煤

巷及橫煤巷分爲數段，每段由橫巷開掘煤房採煤；中留煤柱，柱中又開橫崗，以供搬運及通風之用。煤房開完後，再將煤柱採掘。

### 頂盆及煤柱

所留煤柱，必須足以支持頂盆之壓力，而頂盆壓力之施於每平方英尺之煤柱，以公式  $L = 160d \frac{1}{\sqrt{w}}$  計算之。式中  $L$  爲頂盆壓力（平方英尺）， $d$  爲煤層距地面之深（英尺）， $w$  爲煤柱之寬（英尺）。○爲煤房之寬（英尺）。煤柱之力量，亦可以公式  $w = \frac{C}{t} \sqrt{\frac{1}{t}}$  計算之。式中  $S$  爲每平方英尺煤柱能任之重（噸）， $C$  爲每平方英尺煤柱擠壓力（噸）之常數， $w$  爲煤柱之寬（英尺）， $t$  爲煤層之厚（英尺）。

房柱之寬度，必使柱之力量，足以支持頂盆之壓力，至少須使  $L = S$ 。茲以  $J$  代表所留煤柱之百分數， $J = \frac{160d}{w \sqrt{t}}$ 。故煤柱之寬，可由上兩公式合併計算之，即  $w = \left( \frac{160d}{2000CJ} \right)^2 t$ 。式中  $w$  爲煤柱之寬（英尺）， $J$  爲所留煤柱之百分數， $d$  爲頂盆之深（英尺）， $C$  爲煤柱擠壓力之常數， $t$  爲煤層之厚（英尺），又將噸化爲磅，故以二〇〇〇乘之。

### 煤房之寬度

煤房之寬度，以公式  $w = \frac{160d}{J \sqrt{t}}$  計算之。 $w$  爲煤房之寬， $J$  爲煤柱之寬， $d$  爲

頂盆之深。平常在頂底堅固，硬度適中之烟煤，所留煤柱之厚，等於以每英尺煤層之厚乘百分之一頂盆之深，故得公式  $w_p = \frac{t}{100d}$ 。

### 煤巷制度

房柱法之第一步工作，為開掘煤巷。因搬運及通風等情形之不同，而有單巷制 (single-entry system) 雙巷制 (double-entry system) 三巷制 (triple-entry system) 四巷制 (quadruple-entry system) 及五巷制 (quintuple-entry system) 等之別。

(一) 單巷制 單巷制僅開一道煤巷，由一邊或兩邊開採煤房。此法用者甚鮮，因僅有一巷，萬一頂盆坍塌，阻塞風路，則全部工作，即須停止也。

(二) 雙巷制 雙巷制可免上述之弊。一巷發生意外事件，可由他巷逃避。一房頂盆坍塌，風路仍通，仍可繼續工作。第四十八圖，箭頭表示風向。橫巷可向前延長，一可探測煤層，又可多開採煤地位，以備需要驟增時多出煤勛。

(三) 三巷制 三巷制以平行三煤巷之中巷，供進風搬運之用，兩旁二巷，供出風用。此法可增加產量，而煤氣甚旺之煤層，用此法可減少火患。又有單巷或雙巷之寬度，不敷安設車路，及供

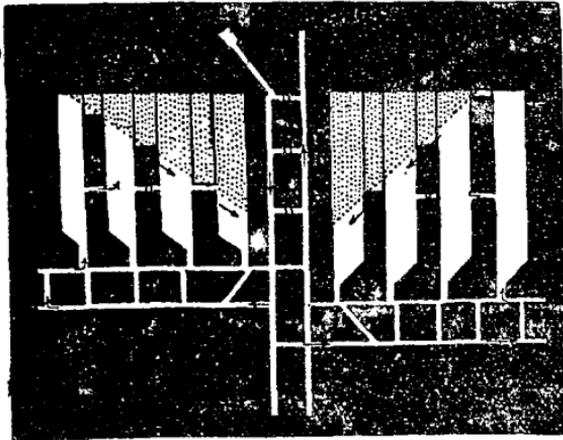
給風量時，亦非採用三巷制不可。有時僅於主煤巷用三巷制，其橫煤巷則用雙巷制者。

(四)四巷制 四巷制有四道平行之煤巷，每邊各有進出風路。居中二巷，作搬運道；或一作搬運道，一作人行道。若用高速度之無端索搬運，使空車與煤車，分向兩道往還，則亦以此制為宜。

(五)五巷制 五巷制與四巷制相似，不過多一平巷，以作人行道。

煤巷之大小

煤巷之大小，視各種需要，及煤層之厚薄與頂底之性質而定。普通單車路之煤巷，寬約一英尺。薄煤層之煤巷，須開掘頂盆或底層，使車路有充分之高度者，其寬須自一二英尺或一四英尺，以備堆砌



第四十八圖 雙巷制煤巷

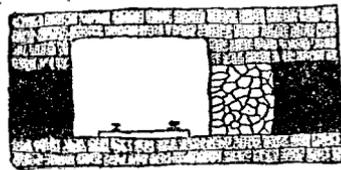
頂層掘下之岩石，如第四十九圖所示。各煤巷之距離，約自三〇英尺至六〇英尺。

### 煤巷之方向

煤巷之方向，視煤層之形狀及煤之劈開性之方向

而定。長狹煤層，則主煤巷向較長一邊平行開進，使所有橫巷或煤房，皆同在搬運道之一邊，較為經濟。四方煤層，以主煤巷分為兩等分，使兩邊得到長短相等之橫巷或煤房；若煤層短而廣，則以兩組主煤巷，分向兩邊掘進，可免橫巷有過長之弊。煤之劈開方向，與開掘煤房或煤巷之方向，亦有重

大關係。有與劈開方向平行開進者，有與劈開方向相交開進者，亦有作成角度者。如第五十圖之1，工作面與劈開方向平行，曰面向（face on），此法出煤較速，又可得大塊煤。圖之2，工作面與劈開方向成四十五度以下之角者，曰長角（long horn），掘下之煤，成尖劈形之塊。圖之3，工作面與劈開方向成四十五度角者，曰半面（half on），圖之4，工作面與劈開方向作直角者，曰端向（end on），此法適用於開採頂盆壓力強大之煤層。圖之5，工作面與劈開方向，作四十五度與零度之間



第四十九圖 薄煤層之煤巷

之角者，曰短角 (short horn)。

### 煤房開掘法

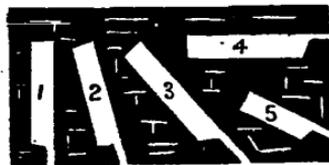
煤房普通由煤巷之一邊開進，先開一頸，長自一〇英尺至三〇英尺，視頂盆壓力而定。自此以後，即向一邊或兩邊擴大，寬約一五英尺至三〇英尺。每房相隔之距離，及房之寬柱之厚，皆視煤層頂底及煤之性質，煤層厚度，及頂盆距地面深淺等而定。房有單房 (single room) 及雙房 (double rooms) 兩種。單房僅有一頸，雙房有兩頸，如第五十一圖。凡氣體繁重之煤層，多用雙房，以利通風。房之方向，大都依主煤巷之方向開掘，而與橫煤巷成直角。平煤層之煤房，由煤巷向兩邊開進，若係傾斜煤層，僅能由上煤巷向上一邊開掘，其他一煤巷，留供通風之用。煤房向上斜開，如第五十二圖，以免積水。房與煤巷，成三〇度以上之角。在第一房 a 與主煤巷之間，再開橫房 b，與第一房之方向成直角。

### 煤柱探掘法

探掘煤柱之方法有二，即搶掘法 (drawing back



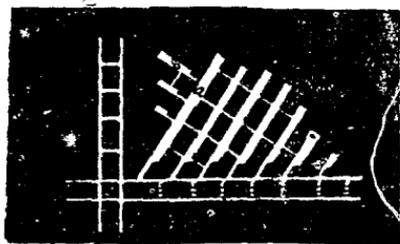
第五十一圖 雙煤房煤之劈開方向與煤巷方向之關係



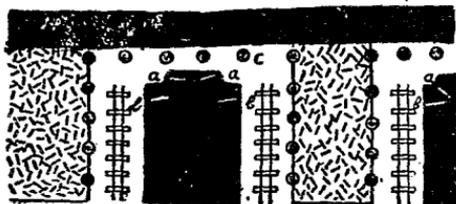
第五十圖

method 或 robbing method) 及退掘法 (retreating method) 是前者係在一煤房開完後，即探掘煤柱，以免開時坍塌，有損失煤筋之弊。此法亦稱為進掘法 (advancing method)，係在主煤巷隣近之煤房掘起，逐一向前開掘，如第四十八圖所示之情形。後者係由煤巷末端一房掘起，逐步向主煤巷方面退掘，如第五十五圖第二號所示之情形。

探掘煤柱之方法，先由各煤房之工作面處，開掘橫崗，使與隣近各房貫通，然後逐段向外探掘。第五十三圖，表示煤柱探掘法之一種。在兩房貫通之後，先將柱端兩角掘去，繼即掘去中部，如 a；於



第五十二圖 斜開煤房

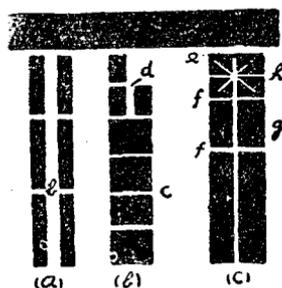


第五十三圖 煤柱探掘法

是再掘其次一層，如b；依此逐層下掘，至全煤柱掘盡而止。在煤柱掘去一段時，施以支柱，如c，以防頂盆陷落。

又有一法，先將煤柱中央挖掘，如第五十四圖(a)，兩邊留有較薄之殘柱，足以支持頂盆之坍塌，然後再用前法，逐步掘去。又如圖(b)，先將煤柱用橫崗分為數段；每段又中分為二，如d，依此逐段開掘。此外如圖(c)，先於柱中開一狹長之崗，如e；再以橫崗分為數段，如f；每段復橫分為二，如h。然後逐段開採。

若兩煤層之間，僅有數英尺之隔層；或煤層之上有含水地層者，則煤柱須留至煤巷開到煤層邊界，且所有煤房都開採完畢時，始行採掘，謂之緩掘法 (delayed pillar drawing) 否則頂盆坍塌，不能採掘矣。



第五十四圖 煤柱採掘法

## 第四節 方柱法

### 房柱法與方柱法之比較

平煤層之開採法，最通行者為雙巷制之房柱法，如第四十八圖所示。但此法在初掘數年中，固甚適宜，至年代較久，即易生火患，且有煤巷被壓崩壞之弊。因礦內巷筒縱橫交錯，一遇火災，無法關閉。且煤房寬大，煤柱狹小，歲遠壓力加重，有不勝支持之勢。煤巷遂不免坍塌。此外在通風方面，亦因轉折過多，不能得新鮮空氣。欲免此種種弊端，有改用方柱法者。

### 開採方法

方柱法視煤層頂盆，上面地層之性質，及採掘煤壁之情形，而有全進（full advance）半進半退（half advance and half retreat）及全退（full retreat）等之採法。法將全煤層用煤巷分為方塊，如第五十五圖，各邊皆圍以方柱（barrier pillar）。如圖中之黑色部分。在開巷及採煤時，此柱完全不動，惟間開小崗，以通空氣耳。若一部分發生火警，將風路關閉，不至蔓延。又方柱之力量強大，足以支負頂盆壓力，不至有坍塌之虞。其他優點，則有：

（一）通風較良；

(二) 房巷口築有障壁，施放炸藥時，較少危險；

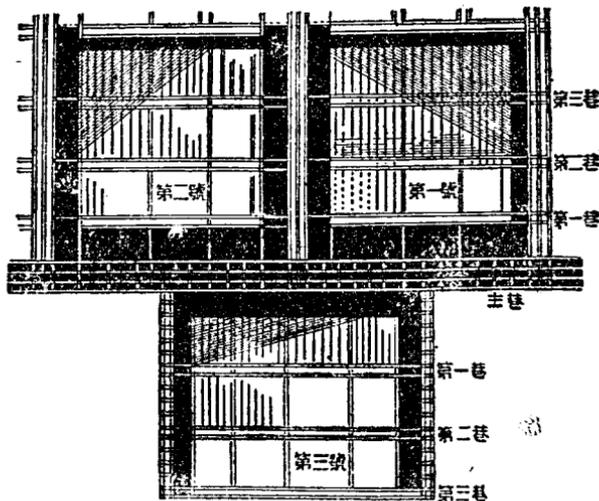
(三) 採煤工作集中，易於管理；

(四) 搬運簡單。

方柱內部之煤探盡時，則煤氣充積，有發生爆炸之危險。故近來由頂層鑽掘小孔，插入鐵管，通透地面，以放去煤氣，可免火患。煤巷多用四巷制，以利通風及搬運。

通常開採煤房大都用進掘，採掘煤柱大都用退掘。所謂全進全退之採煤法，即將一段之煤層（如第五十五圖第一號），先由第三橫巷開掘煤房，俟煤房開畢，然後採

第六章 煤礦開採法



第五十五圖 方柱法

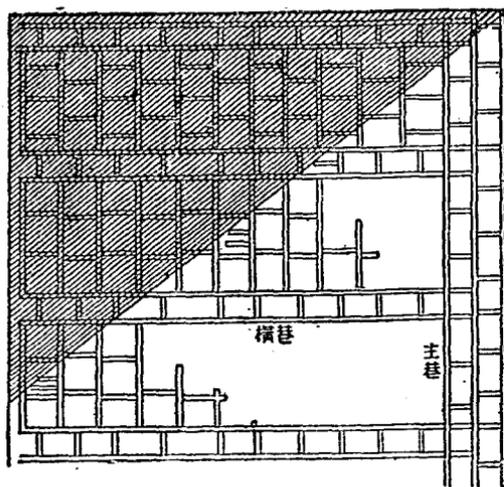
掘煤柱，如黑影部分，表示採掘煤柱進行之方向。於是繼續開掘第二及第三各橫煤巷之煤。第二號表示全退採掘法，由第三橫巷之最後一房頂角起，逐步向後退掘。開掘煤房與採掘煤柱，同時進行，惟所開煤房，適足以供採掘煤柱為度。所謂半進半退採掘法，即將方柱以內煤層之半，開掘煤房，於是採掘煤柱，同時開掘其他一半之煤房。

### 第五節 方塊法

#### 開採方法

方塊法 (block system)

(tem) 係將煤層用煤巷縱橫開掘，成約九〇英尺平方之方塊，每塊寬約一〇英尺，長約三一五英尺，如第五十六圖。採煤用全退法，



第五十六圖 方塊法

由上端起，逐步向後退掘，如黑影部分所示之情形。

## 第六節 斜煤層開採法

### 總論

古代植物，埋沒地下，經過長時期，逐漸變成煤層，故煤層之底部，大都成水平。惟後因地殼變動，地層擾亂，以致煤層傾斜。其斜度之大小，自數度至六五度不等，故開採此種斜煤層之方法，亦與開採平煤層有別。其法可分為三種：即斜度極小煤層開採法，斜度較大煤層開採法，及斜度極大煤層開採法是也。

### 斜度極小煤層開採法

開採斜度在五度至六度左右之煤層，大都用雙巷制之方柱法。煤房斜開，與運煤巷約成四十五度之角。採煤情形，與方柱法相似。

### 斜度較大煤層開採法

煤層斜度在三十度以下者，所採掘之煤筋，既不能藉重力自行溜下，又因斜度較大，不能用煤車搬運。故開採此種煤層，大都採用三巷制之方柱法。向下開掘煤巷，再向煤巷左右兩側，開掘六對橫煤巷。所採之煤，用絞車搬運。

斜度極大煤層開採法

煤層斜度在三十度以上者，所採之煤，可藉重力自行溜下，故用溜柱法（chute-and-pillar system）開採。於各個煤房之口，裝設木溜子，使煤由此溜下，裝入煤車中運出。

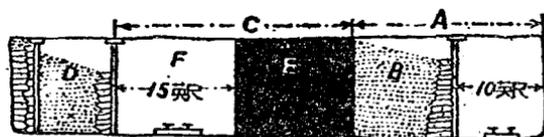
第七節 無烟煤開採法

總論

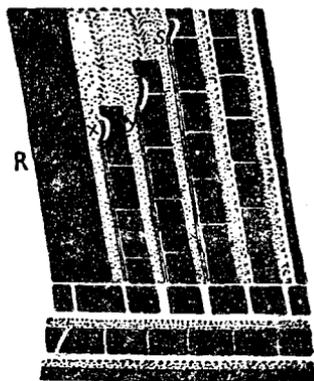
近世開採無烟煤之方法，情形極複雜，因煤層之厚薄，自二英尺至六〇英尺不等，煤層之斜度，自水平狀至垂直狀不等，故開採此種煤層之方法，不能不視各種情形為轉移。茲將平煤層及斜煤層之開採法，略述於下。

平煤層開採法

此種平煤層，常含有大量之板岩，甚至有占煤層全部百分之五十者。故開採時將此種板岩開下，填於煤房之左邊。第五十七圖表示房柱法開採時之情形。A為初次探掘之房，寬二四英尺；B為填塞初次掘下之板岩；C為原煤柱，寬三一英尺；D為填塞二次掘下煤柱一半之板岩；E為寬一六英尺之煤柱，暫留作支柱，以供三次之探掘；F為供第二次及第三次探掘時所



XY剖面放大圖



第五十七圖  
無煙煤平煤層開採法

用之搬運道; R 為保險煤柱; S 為木欄。

斜度不大煤層開採法

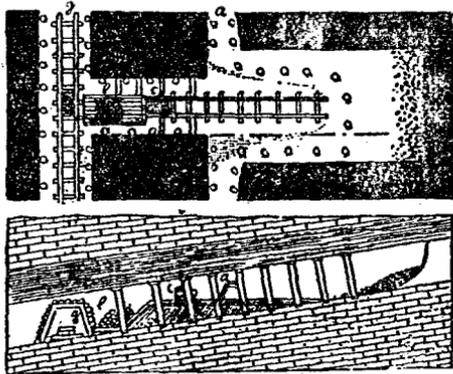
斜度在十度以上二十度以下之煤層, 不能用馬車搬運, 須裝木溜

子及小車 (Trolley) 運煤。如第五十八圖, 於煤房之下端, 裝木溜子。上設車道, 利用掘下之板岩等填築路軌。用小車 c 運煤至木溜子傾下, 堆積平台 1 上, 然後再裝入煤車 g 運出。採煤方法, 與前相同。

斜度較大煤層開採法

斜度較大煤層, 可使掘

下之煤, 由木溜子溜下。同時掘下之板岩等廢石, 可堆於煤房中央。將木溜子直達工作面, 開下之煤, 直由木溜子溜下, 毋使與廢石混雜。第五十九圖表示雙木溜子煤房 (double-chute room) 開採法。木溜子 c, 直達工作面。坍下之廢石, 堆積中央。a 為通風道, 凡煤氣較大之煤層,



第五十八圖 無煙煤斜度不大煤層開採法

可用此法開採。

土砂充填法

此法在第十七世紀，美國賓夕法

尼亞 (Pennsylvania) 省之無烟煤區，已有採用。近如法

國、比國、德國及我國遼寧撫順煤礦，多有採用此法者，成

績甚佳。

此法係用土砂等充填已採之煤崗，支持頂盆，不使

坍塌，俾煤層可完全採盡，且可免除煤柱受頂盆壓擠，使

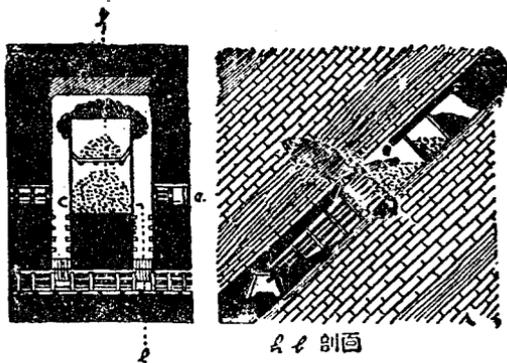
煤巷鬆動等弊，而木材支柱之消耗可省，又無火患。充填

之方法，可分為水力充填 (slushing, silting, hydraulic-

filling) 及廢石充填 (stowage) 二種。水力充填，藉

水力將泥砂沖入煤崗，以填塞之，使頂盆不至坍塌。廢石充填，即掘取礦內或礦外之砂礫等，以作充

填煤崗之材料。



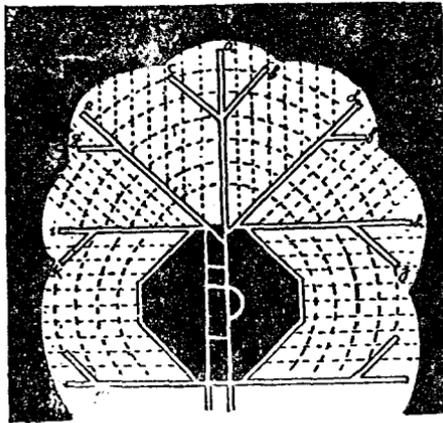
第五十九圖 無煙煤斜度較大煤層開採法

## 第八節 長壁法

### 開採方法

長壁探煤法，即沿煤層向前探掘，不留煤柱，探掘後使頂盆自行陷落。第六十圖表示此法探煤之大概情形。由井底或窿口開始探掘，留有許多巷道，以供搬運之用。如 a, d, e, h, i 各巷，稱為主巷 (main road 或 main entry)，須永久保存，以供搬運；各直條虛線，表示暫時之煤巷，兩線之間，設有工作處或煤房。由主巷各開橫巷，如 b, c, f, g, j, k 等，約與主巷成四十五度角，其目的在便於探掘煤房，使搬運道之距離，逐步減少。由煤層頂盆，或底層掘下之廢石，即供填砌沿巷牆壁之用。

長壁法之開採式，可分為二種：即長壁進掘法



第六十圖 長壁法探煤

長壁探煤法，即沿煤層向前探掘，不留煤柱，探掘後使頂盆自行陷落。第六十圖

(long wall advancing) 及長壁退掘法 (long wall retreating) 是。前者由井底或保險柱裏面起，向煤層之邊界掘進。搬運道用廢石砌之牆壁維持，故亦稱曰廢石巷法 (goi-road system)。用此法開採，開掘較速而獲利亦早，適於小資本之開採。開掘長巷之費可省，木材之消費亦少。後者先開狹長煤巷，直達煤層邊緣，即由邊緣之點開起，逐漸向井底或窿口退掘。凡頂盆鬆脆，煤質較軟，以底層不堅之煤層，以此法開採為宜。尤以煤層距地面較深，用此法開採，可省維持搬運道之費用，煤層採盡之部，即可廢棄。關於通風方面，費用較省，而效率更佳。

#### 採用長壁法之要點

在採用長壁法採煤之先，應當注意者有下列各點：

- (一) 頂盆壓力 長壁法適於開採深在八〇英尺以下之煤層。頂盆地層，以堅韌，有彈性，及柔軟者為佳。使煤層掘後，徐徐陷落，不至有崩潰之慮。頂盆壓力，視深度及地層岩石之性質而異。
- (二) 煤層之性質 此法最宜於開採強固柔韌之煤，下部掘後，不易斷折。煤層之厚薄均勻，斜度不大。

- (三) 廢石 用此法開採，地下常留有充分之空地，以處理廢石，可省搬運之費。且利用廢石，

以填築牆壁。若煤層太厚，廢石不足填砌牆壁，須由外面運入，頗不經濟。

(四)地面損害及煤層或地層中水氣之有無。用此法探煤，地面不至有重大崩陷，故地面之水流入者可減少。惟煤氣太盛，不易控制。

(五)木材供給。在缺乏木材之處，以此法開採為宜，因需用木料極少。

(六)工人。工人須靈巧，尤須有固定人數，使工作不至間斷。

(七)銷場。銷場須有規則，無供求不均之弊。

長壁法之優劣

長壁法之主要優點為：

(一)費用省。

(二)投資所得之報酬較早。

(三)出煤均勻。

(四)煤巷較少，可省維持費。

(五)開掘煤巷之費不大。

(六)木料少。

(七)通風良。

(八)頂盆崩坍之意外事不多。

(九)地面不受重大損害。

(十)地面水之浸入工作面較少。

其劣點爲：

(一)須有經驗豐富之工人。

(二)煤氣太盛，不易分隔。

(三)填築牆壁之工程較巨。

(四)工作間斷，即使工作面參差，其有一人不到工作之處，該部分即落後。

(五)有斷層之煤層，不能使長壁工作面連續。

#### 平煤層開採法

用長壁法開採平煤層，其方式有二：

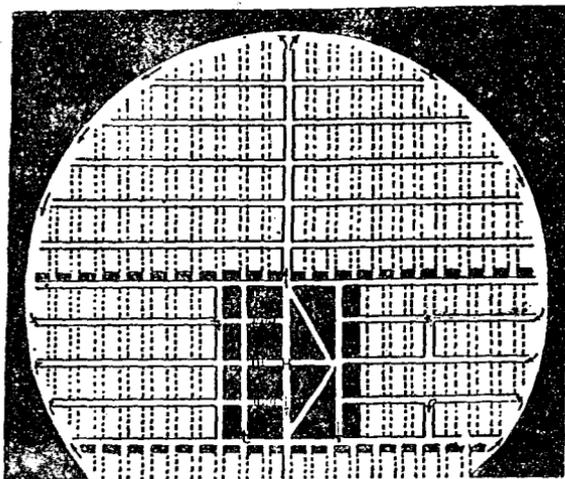
(一)四十五度式之長壁法，如第六十圖所示，橫煤巷與主煤巷成四十五度角。

(二)長方形之長壁法，如第六十一圖所示，煤巷與煤房，成九十度角。由井底日開一單軌主煤巷，透過保險柱；每隔一〇〇英尺開橫巷。保險柱兩旁之搬運道，每隔若干英尺開煤房，房頸寬一〇英尺，留有煤柱，以保護搬運道。

斜煤層開採法

長壁法之圓形工作面

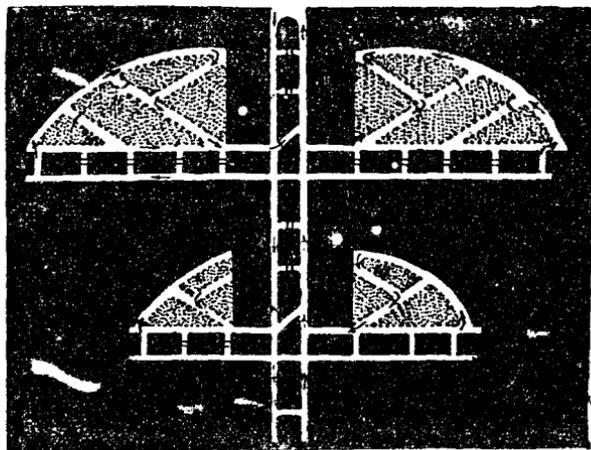
面，不宜於開採傾斜之煤層，因向下開掘，填塞牆壁，有崩壞壓害工人之虞故也。普通用此法開採斜煤層，情形與房柱法相似。向下開斜巷



第六十一圖 長壁法開採平煤層

一對，再向左右開橫平巷。在各對平巷中間之煤，用長壁進掘法向上山開採。上平巷間之煤柱，俟下平巷開到時，始行採掘。斜巷兩邊之方柱，留俟採煤完畢時，然後掘去。第六十二圖，爲此法開採時之情形。已經採掘之部分，築有石巷，以相當斜度，橫經煤層，供人力車或馬車運煤之用。至斜度較大之煤層，不適車運者，則築木溜子，將開下之煤，由此溜下橫平巷之煤車中運去。

在煤氣太盛之煤層，用方柱長壁法開採，使工作面縮短，以備發生火患時，可將該部分隔斷，毋令蔓延全礦。



第六十二圖 長壁法開採斜煤層

## 第九節 露天採掘法

### 適用之情形

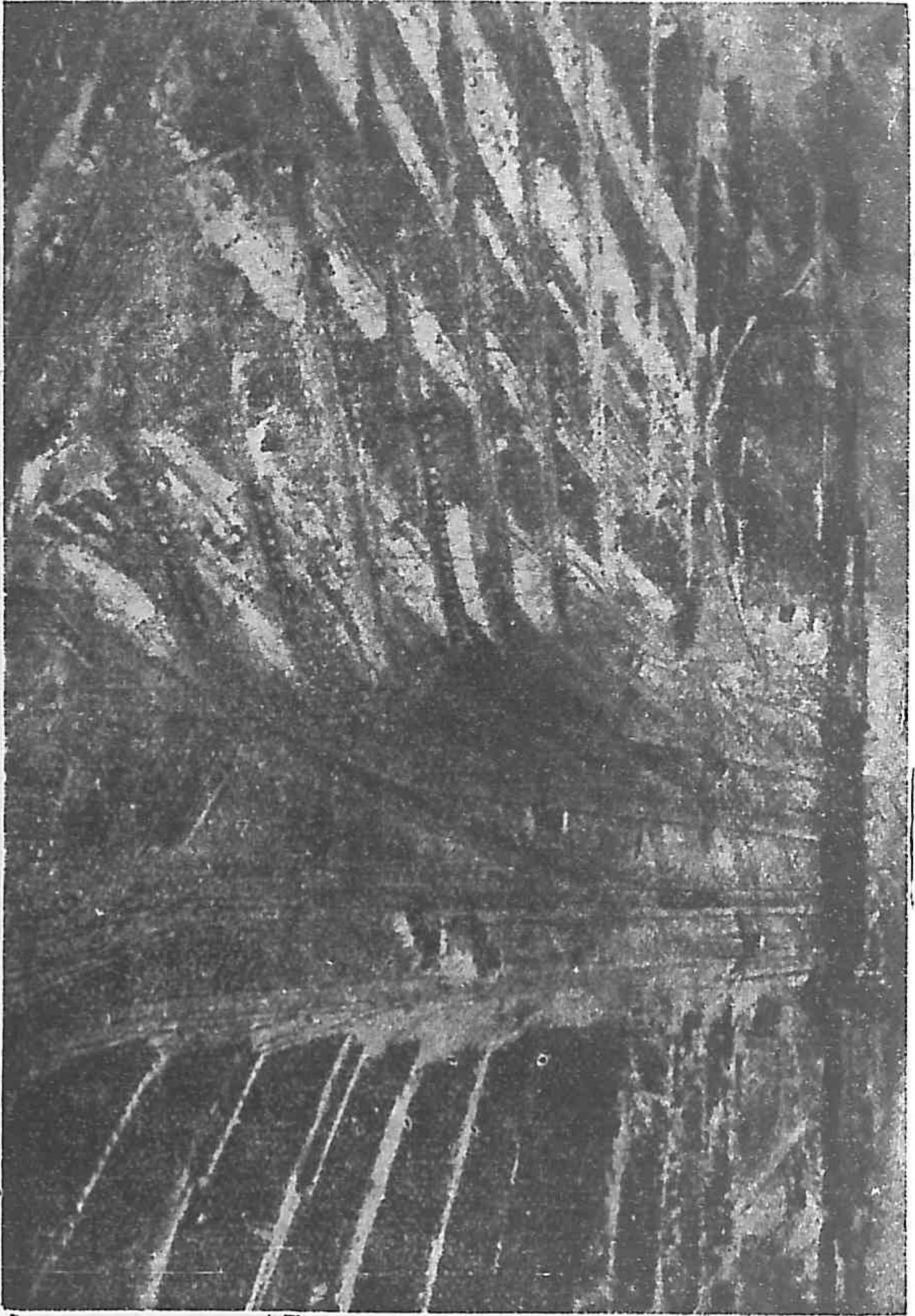
露天採掘法，適於開採逼近地而之厚煤層，上層浮土，容易掘去者。

### 露天採掘法之優劣

露天採掘法之優點爲：

- (一) 煤層採掘完全，無煤柱或煤巷崩壞損失煤筋之弊。
- (二) 木料可省。
- (三) 不用修理或維持煤崗之費。
- (四) 捲揚設備簡單。
- (五) 工人工作安全。
- (六) 不虞火患。
- (七) 燈料之費可免。
- (八) 採掘經濟。

第六十三圖 撫順煤礦之露天採掘



(九)採煤效率較高。

(十)管理較易。

(十一)衛生。

(十二)在必要時可增加產量。

其主要劣點爲：

(一)冬季冰雪，減少產額。

(二)雨水汎濫，妨礙工作。

(三)若煤層不平，則挖掘浮土之費，增加甚速。

#### 無烟煤採掘法

挖去煤層上面之黏土，岩石，或泥沙等物質，謂之露天採掘(striping)。美

國賓夕法尼亞省高山(Seminole Hill)地方之無烟煤，埋藏地下僅十二英尺，在一八二一年，已用

此法開採。最初露天採掘法，大都用人力挖掘，掘出之廢石泥土，用手車運至隣近之處傾棄。近世多

用動力鏟(power shovel)。無烟煤露天採掘法之有利，一爲以較輕成本而得煤筋，一爲恢復他

法所不能免之煤筋損失。第六十四圖表示無烟煤露頭已用撈礦機及鏟挖掘之情形。機械旋轉之半徑，長達一二五英尺，能將開掘之廢石堆置一邊，不用車裝，工費可減少百分之二十。

一部動力鏟工作所需之設備，計為七十噸鏟一部，十八噸機車三部，五立方碼傾煤車二十輛，攪鑽一，蒸汽鑽一，水箱一，鍋爐一，鐵廠一，此外如鐵軌，水管，雜具等是。工匠共三十五人，即可工作。

### 烟煤探掘法

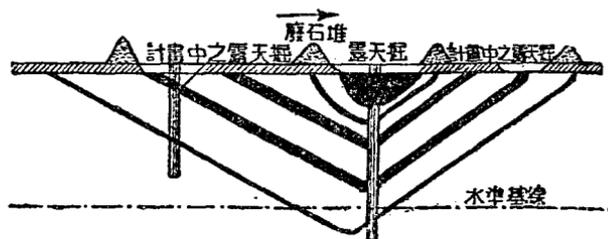
烟煤用露天法探掘，於一八六六年，首見於美

國伊里諾斯省丹維爾(Danville)附近。現在美國用此法開採烟煤者，計有二百礦。採用露天掘之煤礦，須注意下列各點：

- (一) 煤層極厚，面積極大，上層浮土極少。
- (二) 上層浮土鬆軟易掘。
- (三) 地位須宜設軌道。

### 第六章 煤礦開採法

一〇五



第六十四圖 無烟煤露天探掘法

(四) 檢驗水質及水量，足供蒸汽鍋爐等之用。

(五) 注意銷場，以期供求相劑。

在開採之先，須逐段打鑽試探，以決定煤層及浮土之厚薄與性質。繼即繪測煤層地形圖，表示斜度及煤層之最低點。若地位適於開掘自流溝，即擇定開溝地點，可免抽水設備費。若地位不能開掘自流溝，須擇定最低為水所積聚之處，設置抽水機。嗣後測定敷設軌道之地段，使與傾煤處連接。若有數處可以傾煤，則擇其中搬運道最短之處。凡此種種，須經精密測算，而後開始工作，方無失敗之虞。

露天掘所用之機器，種類頗多，近時多用巨大旋轉動力鏟，有蒸汽電力二種。普通所用者，懸臂 (boom) 長自八〇英尺至九〇英尺，掘桿 (digger stick) 長自五〇英尺至五五英尺，鏟斗容量自五至八立方碼，旋轉半徑約一五〇英尺，傾煤堆可達六五英尺 (參閱第二十六圖)。初掘面自七五英尺至一〇〇英尺，視煤層之深淺而定。挖掘之廢石等，傾於一邊或兩旁，視地位之大小而定。

## 第七章 搬運及捲揚

### 第一節 地下搬運

#### 總論

地下搬運(underground transport)包括搬運探掘之礦物及其他材料而言。探礦工程，除前述各種探掘方法外，地下搬運，亦為最重要工作。據實驗結果，所有地下工作，搬運約占百分之三十四；搬運之設備費及維持費，常超過其他開採費用。用平窿或斜窿開採之礦，地下搬運可直抵地面；用豎井開採之礦，地下搬運，僅抵於井底，然後再用絞車捲上地面。

#### 集中制

關於搬運之計畫，注重集中制(centralized system)，即將礦內各處開掘之礦物，集中於一平巷，有時用豎井開採之礦，將上巷之礦物運至其下搬運道，然後用絞車捲上地面，其捲揚費雖增加，然尚合算也。

## 搬運效率

搬運法之選擇，以比較資本總額與開崗費用而決定。若採用搬運集中制而變更開崗，必須決定如何可省開崗及維持礦崗之費。搬運效率，可用下列公式計算之：

$$D = \frac{m}{2d} \times \frac{dt}{5280C} = \frac{mdT}{5280C}$$

$$G = D + \frac{m2dT'}{5280C} = \frac{md(T+2T')}{5280C}$$

式中 D 爲每班淨效率（英里噸，礦物）；G 爲每班總效率（英里噸）；d 爲礦物移動之距離（英尺）；s 爲每分鐘移動之平均速度（英尺）；t 爲每次裝卸之時間（分）；T 爲每次所裝之礦物（噸）；T' 爲每次除去車皮之重量（噸）；C 爲往返一周之時間（分）；m 爲每班實在工作之時間（分）。

淨效率 D 與每次距離速度及礦物重量成正比，與往返一周之時間成反比。若總效率達到限度時則淨效率與  $(T \times s)$  成反比。此種原則，自鏟礦以至機運，所有各種搬運，均可應用。

## 搬運法分類

地下搬運，可分人力，畜力，機車，及繩索四種。

## 第二節 礦車

### 礦車之容量

礦車之大小式樣，視礦崗之大小形狀而定。礦車容量較大，可減少地下搬運費用。美國煤鐵礦之礦車容量，自二噸至四噸；歐洲自一〇〇〇磅至一五〇〇磅。至銅鉛及貴金屬礦車，自一二〇〇磅至三〇〇〇磅。車身有木製鋼製，及木與鋼合製。

### 礦車之分類

礦車之分類，有剛車 (rigid-body car)、樞機車 (hinged-body car)、V字形車 (V-body car)、旋傾車 (revolving dump-car)、斗底車 (hopper-bottom car)、馬鞍車 (saddle-back car)、鋼車 (steel car) 等數種。述其大概如下：

### 剛車

底平，車身低，構造簡單。長約一〇英尺，寬六英尺餘，高僅一英尺半。煤礦用此種車甚多，因邊低價廉，容量與重量之比例高；惟卸礦須有一固定地位，較覺不方便耳。

### 樞機車

此種礦車，傾卸礦物，僅有一個方向，有旁傾 (side dump) 及端傾 (end dump) 二種。高自一英尺半至二英尺餘，寬自二英尺半至三英尺餘，長自五英尺至六英尺餘不等。

**V 字形車**

車身上廣下狹，作 V 字形，有單旁傾及兩旁傾二種。長約四英尺，高二英尺餘，

端寬約三英尺。

**旋傾車**

此種礦車，可向各方傾卸礦物。車身極高，使車輪完全露出。為防備傾翻計，長不得

過四英尺。

**斗底車**

當礦車達到傾礦處，底門自動開啓，使礦物卸出，推經肘鈕 (knuckle) 上面過，即

自行關閉。故在卸礦時無須停止。

**馬鞍車**

容量大，自一·五至五噸，供機車拖運之用。兩旁各有門，以傾卸礦物。車身長約七

英尺，高三英尺，寬四英尺餘。

**鋼車**

即上述各式之車，完全用鋼鐵製造，不用一切木料者。

第二節 礦車路

**總論**

礦車路軌，有木軌及鋼軌二種。木軌為煤礦中斜路之用。係屬暫時性質。上面常釘有

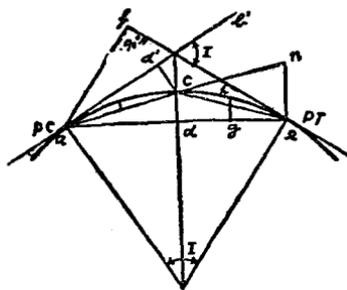
護鐵皮，以圖較久及減少摩擦。鋼軌有輕軌重軌二種，視礦車之種類而異。敷設路軌，最緊要者有下列三點。

**曲線軌安設法**

曲線路軌安設法，有用轉鏡儀 (Transit) 及支距 (Offset) 法二種。用轉鏡測量路線曲度，在礦內不甚多用。至支距法，即用長十英尺之木桿，作直角支距，以定曲線各點。如第六十五圖，於木桿 a'b' 之中點 d'，作直角支距 c'd'。其長 (M) 視曲線半徑 (R) 之大小而異。例如半徑長七英尺，則支距長二五·二英寸，用公式  $M = R \sqrt{2} \sin \frac{1}{2} \theta$  求之。曲線起點，用木桿由 P.C. 延長正切成 a'b'。於是作支距 d'c，即定曲線第一點 c。其餘各點，用 b 點作標誌，依法逐段測算之。若 P.C. 及 P.T. 二點，彼此可以望見，則用中點及四分點法量度之，如 h g 之類，最為相宜。

**轉轍器安設法**

轉轍器 (Switch) 有尖頭及平頭二種，用以移轉礦車由一路轉入他路者。尖頭轉轍器 (Point Switch)



第六十五圖 支距法安設曲軌

或 split switch) 係一段尖端之軌，安於岔路之間，能左右移動，以轉車路，與平常路軌上所裝置之情形無異。平頭轉轍器 (stub switch) 係一段兩端平頭之軌，能左右移動，移接路軌上，以轉車路者。此外又有自動轉轍器 (automatic switch) 裝有彈簧，不用人力拖拉；固定轉轍器 (fixed switch) 專供人力車及畜力車搬運軌路之用。

#### 第四節 人力搬運

人力搬運 (hand tramping) 即用人力推運礦車，金屬礦內搬運常用之。此法雖不合算，但在各處搬運小量礦物或材料，亦屬必要，所載重量，視路之斜度而異。平均速度，每分鐘約一〇〇英尺。搬運距離，以數百英尺為宜；若距離太遠，即不合算。

#### 第五節 畜力搬運

畜力搬運 (animal haulage) 之法有馬及驢二種，大都為煤礦及大規模金屬礦內所用。有時

礦內幹路搬運，亦用畜力，然以支配空車，及拖集礦車以備機械搬運者爲多。用礦井開採之礦，必於礦內建築馬房，餵養及衛生，須極注意。用牲口拖運單車或聯車，作較長距離之搬運，必須路軌有適宜之斜度始可。大約以百分之一至二·五爲最佳。每畜能拖重自五〇英里噸至一〇〇英里噸不等。

## 第六節 機車搬運

凡礦內易敷路軌及出產量大之礦，多用機車搬運 (locomotive haulage)。機車有蒸汽機車，內燃機車，擠壓空氣機車及電機車等數種。電機車有蓄電池式 (storage-battery type) 及電式 (trolley type) 二種。機車搬運，與人力畜力比較，則速度高，載量大，用人少，與索運比較，則易於擴充及維持，彎曲路線或支路，易於旋轉。

### 蒸汽機車

蒸汽機車 (steam locomotive) 不適於地下搬運，因放出之氣體及蒸汽，必須有巨大之礦筒及充分之通風，始少妨礙。燃料與蒸汽之消耗，每小時馬力平均約需煤四·五磅至

八磅，或油類燃料二磅至五磅，及水二七磅至三二磅。

內燃機車或汽油機車

內燃機車或汽油機車 (internal-combustion locomotive 或

gasoline locomotive) 每小時速度自三英里至一二英里。與蒸汽機車比較，則無氣體或蒸汽之放出，停止時不耗燃料，在煤氣太盛之煤礦內，可減少危險。

擠壓空氣機車

擠壓空氣機車 (compressed-air locomotive) 工作容易，無火，無放汽

出火之弊，可助通風，凡有煤氣之煤礦，支柱乾燥，通風不佳，及建築物容易引火之礦，最宜採用。使用時必要之點如下：

(一) 複式壓氣機一具，平均須供給較機車所耗空氣量多二〇〇磅左右之氣壓。

(二) 裝氣站附近，須設巨大之貯氣箱或輸氣管。

(三) 裝氣站之設置地點，必須使機車用氣無中途告匱之虞。

(四) 機車須極堅固，不受車鈎推逐之影響，且有充分之貯氣量與壓力，能達到目的地，回轉

裝氣站而有餘。

### 蓄電池機車

此種礦車，用蓄電池供給動力，係最適用之機車。設備較電車式機車及擠壓空氣機車廉；司機簡單；除擠壓空氣機車外，以此為最安全。宜於短距離之搬運或窿頂較低及潮濕之礦崗，不能使用電車式機車之長距離搬運，亦都用此車。路軌斜坡須較小，每小時最大速度為五英里。

### 電車式機車

電氣車為最通行之礦車。車身穩固，管理簡單，效率較高，而動力費之低廉，為他式礦車所不及。惟電路之設備費較大，車輪有放出火花之危險，必須有緊固之線路及路軌。所用電壓，大都為二五〇弗打，亦有用五〇〇弗打者，但甚鮮。每噸機車，約需一〇馬力。

## 第七節 繩索搬運

### 總論

繩索搬運 (rope haulage) 有自動法，引擎法，尾索，及無端索等四種方法。產量大而礦崗不平之礦，用此法搬運，效率不大。斜坡均勻，路線正直，用此法最宜。

### 自動法

自動法或重力法 (self-acting or gravity plan) 即藉重車下降使空車上

升之法。礦山地而搬運，採用此法甚多。礦內斜坡或礦崗，其斜坡和緩，不能使礦物由木溜子溜下者，亦多用此法。平常搬運礦車至下面幹路，或由盲巷運礦至幹巷者，皆利用此種重力搬運法。自動斜坡之最小角度，以下列公式計算之：

$$\sin \alpha = F \div (W - W')$$

式中  $F$  為總摩擦力（磅）， $W$  為礦物重量（磅）， $W'$  為繩索不平衡部分之重量（磅），摩擦力  $F$  以下列公式計算之：

$$F = [(W + W') \times \cos \alpha + f'(p + p')]f$$

式中  $f'$  為滑輪及捲筒之摩擦系數，約等於  $0.1$ ； $f$  為滾動摩擦系數，等於  $0.1$  至  $0.02$ ； $W$  為重車及空車之重量（磅）， $W'$  為繩索之重量（磅）， $p$  為滑輪之重（磅）， $p'$  為捲筒之重（磅）。

#### 引擎法

重車在斜坡上下，用引擎及繩索捲引者曰引擎法（engine plan）。簡單引擎法只用單條軌路，所需動力以能引重為度。彎曲路線，於彎曲處裝設滑輪，轉引繩索。直線路長五〇〇

○英尺，斜坡百分之一·七五者，可拉運二五至三〇輛重車。單條路之繩索最大牽引力，以公式計算之：

$$D = (T + R) (\sin a + f \cos a + P)$$

式中  $P$  為加速度系數，等於  $0.1$  至  $0.25$ ； $T$  為聯車之重量（磅）； $R$  為繩索之重量（磅）； $f$  為滾動摩擦系數，等於  $0.01$  至  $0.025$ 。

#### 尾索

尾索 (tail rope) 為最普通之繩索搬運法。凡直路、曲路、斜路、平路等均適用之。幹路搬運索，能引重車自一輛至七五輛。礦車接於索端，引擎可逆轉運動，使空車與重車彼此互相往復。繩索最大牽引力為：

$$D = T(\sin a + f \cos a + r)(h + f \times 2l) + (T_1 + 2r_1)P$$

式中  $a$  為最大斜度角； $h$  為路線自上至下之總高（呎）； $l$  為路線之長（呎）； $r$  為每英尺繩索之重（磅）； $T$  為聯車之重（磅）； $P$  為加速度之系數。

#### 無端索

無端索法 (endless-rope system) 現已不多用。繩索藉引擎上之溝輪轉動，礦

車以把鈎 (hook) 附於繩索上隨之移動。

## 第八節 捲揚法

### 絞車之種類

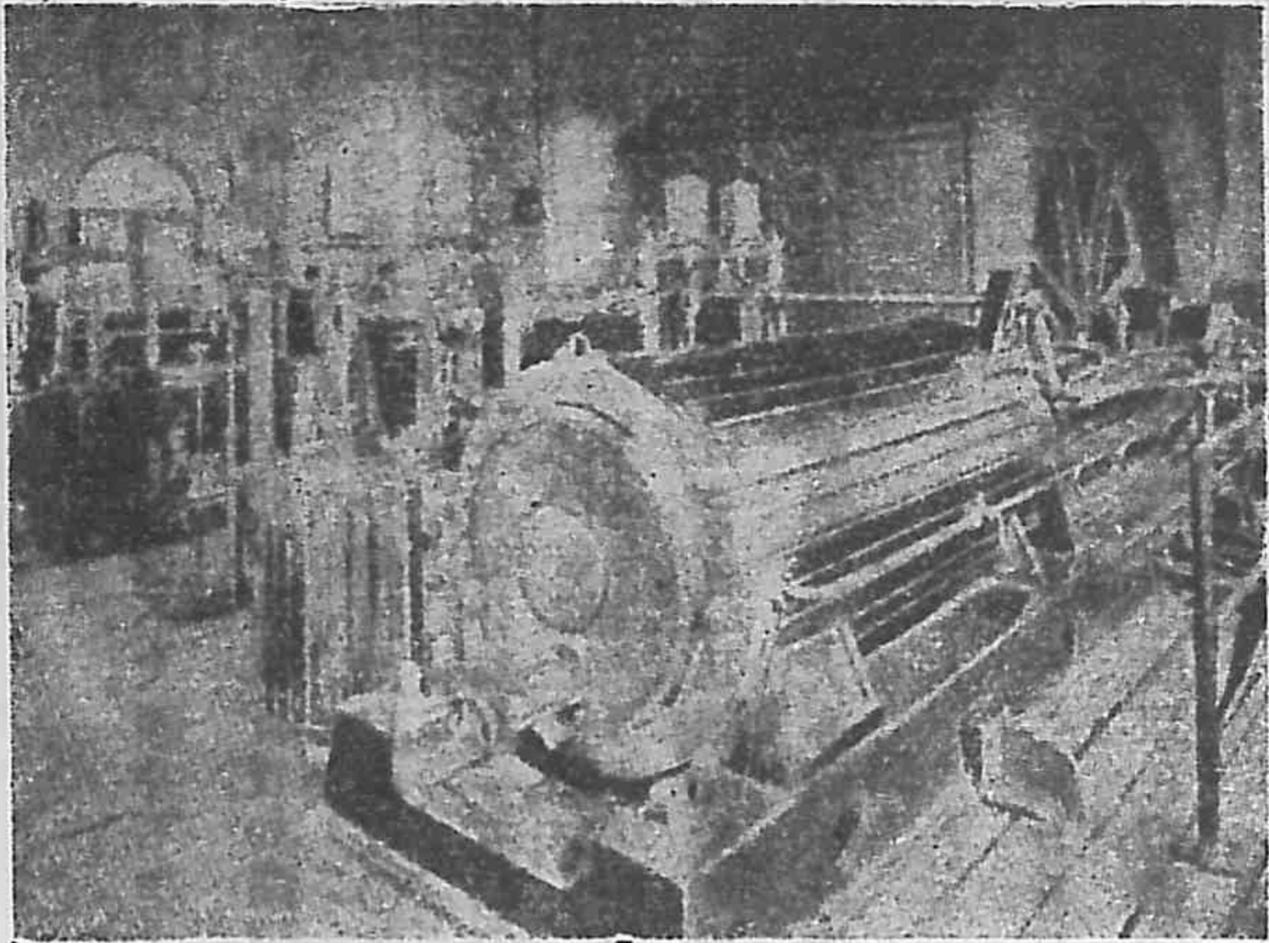
搬運礦物出井，以及工人材料上下，多用絞車捲揚 (hoisting)。絞車之種類，有人力絞車，馬力絞車，及引擎絞車三種，視礦山工作之種類及礦井之深淺，而定採用之標準。

### 人力絞車

人力絞車或手搖轆轤 (hand windlass) 效率低微，容量不大，故專限於探礦，開掘下山，初步打井，及小規模開崗之用。平均每人每分鐘可絞二五〇〇英尺磅，施於絞車柄之力為二〇磅。故絞車柄之速度，每分鐘為一二五英尺，即一五英寸柄每分鐘轉一六次，或每分鐘捲揚之速度為三三·五英尺。

### 馬力絞車

凡打井之深度以及出井之材料容量，非人力絞車所能勝者，則用馬力絞車 (horse winch)。初步或小規模之開崗，及打井，不適用動力者，亦多用之。車之構造，除螺旋外，皆係木製。捲揚工作，每分鐘自二一〇〇〇至二五〇〇〇英尺磅不等，視馬之力量而異。每分鐘速度五〇



第六十六圖 煤礦之捲揚通風抽水機械

英尺起重五〇〇磅。

齒輪蒸汽絞車

凡探礦，開崗，或產量不大，礦井不深之礦，皆用齒輪蒸汽絞車（geared team-driven hoists）捲揚礦物。構造簡單，裝置省費。如開崗工程浩大，或出礦量較少之礦，則用中號齒輪絞車，井深五〇〇英尺左右，每分鐘速度自四五〇英尺至七〇〇英尺。大號齒輪絞車，適於斜井捲揚之用，容量大，而速度不許太高，每分鐘約一五〇〇英尺。

直接運動蒸汽絞車

凡動力由引擎軸傳到捲筒軸不經過齒輪者，稱為直接運動絞車（first-motion hoist 或 direct acting hoist）。凡礦井較深，出礦量較大，且需較高速度之礦，多用此類絞車捲揚。欲節省蒸汽之消耗，雖設備費較大，亦所不計。惟深在五〇〇英尺以下之礦井，若出礦量不大，則不合算。

絞車之平均

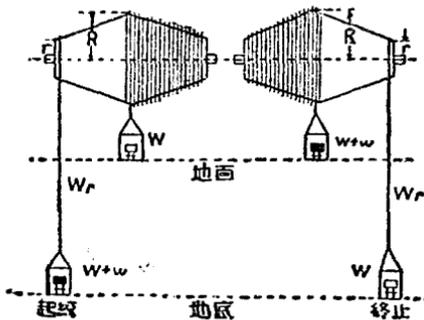
絞車之平均（equalization of hoisting load）為研究絞車繩之重量變化。在深礦井，絞車繩之重量，可超過礦物之實重，所以在捲揚時，絞車繩逐漸改變其重量，必須使之平均也。平均之法，即用一對圓錐捲筒（conical drum），如第六十七圖，重車上升，空車下降，可得

平均。圓錐捲筒之設計，須先知礦井之深度，罐籠 (cage) 礦車，礦物之重量，及繩索之大小與重量。下列公式，為計算捲筒之用：

$$(W_r + W + w)r - WR = (W + w)R - (W + W_r)r$$

$$R = \frac{r(2W_r + 2W + w)}{2W + w}$$

式中  $R$  為捲筒大端之半徑 (英尺)； $r$  為捲筒小端之半徑 (英尺)； $W_r$  為一繩自頂至底之重 (磅)； $W$  為罐籠及礦車之重 (磅)； $w$  為礦物之重 (磅)。



第六十七圖 絞重之平均

## 第八章 排水

### 第一節 總論

#### 總論

礦內之水，來源有二：一為地面水之侵入，一為地下水之噴出。地面水侵入之要路，為礦床之露頭（outcrop）。故欲阻止其侵入，須於露頭周圍，開掘水溝；若露頭在溪流或溝渠中，須開水道，使變更方向，或築水槽而導去之。阻止地下水之噴出，須圈砌防水井壁或巷壁。至由採礦處礦崗流出之水，須用種種排水（drainage）設備，視水量大小，而定設計之標準。排水設備，有下列各種。

### 第二節 重力排水

#### 重力排水

重力排水（gravity drainage），即藉重力作用，使水自行流去，故亦稱自然

## 排水 (natural drainage)

### 虹吸

虹吸 (siphon) 係最簡單而省費之排水法，採用者甚多。用一彎曲鐵管，如第六十八圖，兩端各有舌門。先將舌門關閉，由彎曲之頂端一孔灌滿以水，然後放開舌門，水即源源流下。計算虹吸之流量，可用下列公式：

$$G = 1040 \sqrt{\frac{d^5 h}{l}}$$

式中 G 為每小時之流量 (加倫)；d 為管之直徑 (英尺)；h 為水頭之高 (英尺)；l 為管之總長 (英尺)；此公式係由實驗所得結果。

### 流水溝

山地礦床所有礦內之水，都可於大巷底邊開掘流水溝 (ditch)，使之流出。溝之地位能在露頭開掘更佳。一經開掘後，其壽命與礦相終始，中間僅需些微之維持費，以供偶爾疎通淤塞之用耳。

### 排水隧

在地形適宜之礦，開掘排水隧 (drainage tunnel) 可省其他一切排水設備，最屬相宜。即礦崗向下開掘，地位低於排水隧時，則用抽水機輔助，亦可減少高度，節省抽水費。



第六十八圖 虹吸法排水

## 第二節 水窩及地下堤壩

### 水窩

水窩 (sump) 爲礦內聚水之處，礦內用抽水機排水，必先使聚集一處，然後用抽水機排出。水窩之地位，在開崗時即須測定。最適宜之點，大都由礦井或斜窿之處邊附近，所有礦崗，由這點向各方開掘，至少當有百分之〇·二五斜度，使水易於流入水窩。水窩之大小，視水量之大小而異，其容量須容八小時之最大流量，而無淹沒抽水機之處。

抽水機房 (pump room) 築於礦內，安設排水機器，基底須用三和土建築，勿使鬆動。

### 地下堤壩

地下堤壩 (underground dam) 築以貯水。既可供救火之用；而在水量極大之礦，可阻止流水侵入工作處。暫時水壩，用木建築，中塞火泥；永久水壩，多用磚建，有弧形及直壁二種。弧形堤壩厚度，以下列公式計算之：

$$T = \frac{PW\sqrt{4R-1}}{4S}$$

式中 T 爲堤壩之厚 (英尺)；R 爲弧之半徑 (英尺)；W 爲口寬 (英寸)；S 爲每平方英寸磚之

壓力(磅) P 爲每平方英寸水之壓力(磅)。

#### 第四節 抽水機

##### 分類

抽水機 (pumping machinery) 之種類甚多, 可依下列各點以分別之:

(一) 動力, 如蒸汽抽水機, 電力抽水機, 氣壓抽水機之類。

(二) 構造及動作, 如複式抽水機, 離心力抽水機之類。

(三) 用途, 如礦用抽水機, 裝鍋爐抽水機, 打井抽水機, 深井抽水機之類。

##### 直接運動蒸汽抽水機

直接運動蒸汽抽水機 (direct acting steam pump) 供地面

鍋爐裝水及地下總抽水機之用。有擠水活塞 (plunger) 及壓水活塞 (piston) 二式。小蒸汽抽水機每小時每馬力耗汽自一三〇磅至二〇〇磅。大蒸汽抽水機每小時每馬力耗汽自八〇磅至一三〇磅。出水管水流速度, 每分鐘不得超過五〇〇英尺。

##### 抽水機之理論的容量及送水所需之馬力

抽水機容量, 可用下列公式計算之:

$$Q = \frac{\pi}{4} \times \frac{Q^2}{144} \times \frac{N1}{12} = 0.0004545 N^2d^3$$

式中Q爲每分鐘立方英尺之水，d爲圓筒之直徑（英寸），1爲活塞之衝程（英寸），N爲每分鐘活塞衝數。實在之容量，約自百分之六〇至九五，視活塞，活門，吸管等之鬆緊而異。求馬力之公式爲：

$$\text{馬力數} = \frac{QP}{33,000} = \frac{QH \times 144 \times 0.483}{33,000} = \frac{QH}{529.2}$$

式中P爲每平方英尺之壓力（磅），等於六二·五H（升水之高度英尺），實在之馬力，較大於理論之馬力，因抽水機中有摩擦也。故至少加百分之二〇以抵補摩擦，加百分之五〇以抵補一切走漏等。

### 動力抽水機

抽水機用電力以代蒸汽力，近時發展甚速。動力抽水機（power pump）

卽係用電力爲動力之電力抽水機，亦有擠水活塞及壓水活塞二種。凡壓力不大之總抽水機以及地下分段抽水，送水入總水窩等工作，皆宜應用電力抽水機。又有移動電力抽水機，供開闢時抽水

之用最爲便利。

#### 離心力抽水機

用離心力之抽水機，稱爲離心力抽水機 (centrifugal pump)。水箱中之水，用高速度之旋轉輪，發生離心力，使之由出水管流出。結果則箱中成真空，使下面之水，由吸水管吸入。出水高度，可達一〇〇英尺以上，每分鐘出水量，可達一〇〇〇加倫。

離心力抽水機構造簡單，堅固，經久，價值低廉，宜用於水量大而出水不高之處。惟因旋轉甚速，水中若含有砂礫，則輪葉易受損傷，且因構造上之關係，遇到酸性之水，不能防護。

### 第五節 吊桶及水櫃

#### 吊桶

吊桶 (bucket) 有木製及鋼製二種，容量自三五至二〇〇加倫，專供水量不大之淺井，暫時或輔助排水之用。

#### 水櫃

水櫃 (tank) 用絞車捲揚，容量可達一五〇〇加倫。採用水櫃排水，視下列各種情形而定。

(一)礦井甚深，而水量不大，不敷抽水機之繼續抽吸者，則用水櫃，即於捲揚礦物時，間一捲揚水櫃，將罐籠卸下，以水櫃連接捲索，絞出地面。

(二)吊取深井大量之水，則用水櫃一對，裝於特別井格，另有絞車，專供捲揚水櫃之用。

(三)清理淹水礦崗。礦崗為水所淹沒時，排除積水，用水櫃最宜。因排水時水平面逐步低下，若用抽水機，須時時移動新位置，頗不方便也。

# 第九章 通風

## 第一節 總論

### 通風之重要

礦內工作常有許多工人，牲口，及工作時所用之燈光，消耗多量之空氣。原有空氣，又常為炸藥之烟氣，礦床及岩石中發出之碳酸氣與硫化氫氣，及煤礦中之沼氣等所污，足以毒害人畜之生命，故通風（ventilation）設備，為礦內最重要工程之一。

### 通風法之分類

通風設備，可分為自然通風（natural ventilation），火爐通風（furnace ventilation），及機械通風（mechanical ventilation）三種，茲述其梗概如下。

## 第二節 自然通風

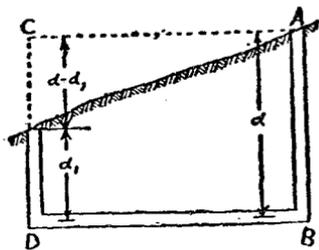
**原理**

空氣密度之不均，主因在溫度之差異，及其成分之變化，皆足以發生不平衡之壓力。故若礦內之溫度較外面高，空氣即由較低之礦崗流入而由較高之礦崗流出。所有金屬礦，幾全用自然通風，小煤礦間亦用之。

**通風壓力之計算**

密度壓力之計算，須假定空氣流經過嚴密無隙之風路，由入口起，經過礦崗，以達於上出口，於是以細微之速度，回復到入口，如第六十九圖 C D B A C 成一環風路。此路以其最高點及最低點分為二柱。由其重量之相差，發生由重空氣柱到輕空氣柱之氣流。若有數支流，各部分皆為分路之一部，而包括於主風路之中。

通風壓力（每平方英尺磅）即二空氣柱重量之差，代表風路之二柱。每柱有一平方英尺之面積，其高等於風路之高，各柱之密度，與同高風路之柱密度相同。各風路中之通風壓力，以下列公式計算之：



第六十九圖 風路

$$P = \frac{1.5 \times 0.075V'^2}{2g} + \frac{k_s V^2}{a} \dots \dots \dots (1)$$

$$P = \frac{1.5 \times 0.075V'^2}{2g} + \sum \frac{k_s V^2}{a} \dots \dots \dots (11)$$

公式(1)計算均勻之風路。公式(11)計算不規則之風路。兩式中P為每平方英尺空氣壓力(磅)；k為摩擦係數；s為風路面積(平方英尺)；g為重力加速度，每分鐘三二·二英尺；V'為每秒鐘入口之速度(英尺)；V為每分鐘之風速度(英尺)；Σ為各部分阻力總數。入口速度，須約一·五倍壓力，使發生平均速度。每立方英尺空氣重〇·〇七五磅。

又如第六十九圖，兩個深度不同之井，以空氣柱A B及C D重量之差，發生流動壓力。若井之深度為d及d<sub>1</sub>，以t<sub>1</sub>及t<sub>2</sub>表示兩井及井外空氣之溫度，B為氣壓表之壓力，則以下列公式，計算通風之壓力：

$$P = 1.3253B \left( \frac{d_1}{459.2 + t_1} + \frac{d - d_1}{459.2 + t_2} - \frac{d}{459.2 + t} \right)$$

式中  $D$  爲通風壓力，若係正數，則礦井  $A$   $B$  爲出風井。一·三二五三爲四五九·二立方英尺空氣在華氏零度及一氣壓之重。

#### 氣流停止之補救法

節季與日夜之變化，使地面空氣溫度改變，以致自然空氣流之力量，發生搖動。夏季與冬季，以及熱地日間與夜間，因溫度變動，常使空氣流發生逆方向。當逆向時期中，空氣流常暫時停息。

當礦內空氣平衡時，可於某部分設法以改變溫度，使發生空氣流。若此種改變足以破壞平衡，即生暫時空氣流，而通風遂繼續不斷。如有同等深度二礦井，進風井在冬季因進風而降冷，立生空氣流，若井內外溫度不變，即可繼續通風。

### 第二節 火爐通風

#### 適用之情形

當進風及出風之密度自然差，不足以發生空氣流時，可用人造熱，以增加其差度。此種舊式通風法，大都以煤礦用之居多，因燃料價廉也。但有煤氣之礦，則不能用。增加空氣柱

之高度，常於出風井口建築一烟窗。又有於井底附近，懸一火籠，高約三六英寸，直徑約一五英寸，以供暫時補助通風之用者。

### 火爐之種類

通風火爐計有三種：即無蓋爐，邊風爐，及窄口爐是也。

(一) 無蓋爐 (open furnace) 使大部分空氣流直接經過火篋之上；其餘一部分，經過爐門，以助燃燒。

(ii) 邊風爐 (outside-current furnace) 使風路環繞爐之外面，空氣流經過火篋周圍。

(iii) 窄口爐 (dumb-drift furnace) 須使空氣流帶去沼氣或煤塵等，故僅開狹窄之爐門，通入空氣，適足以供燃燒為度。爐中熱烟氣，用一長烟窗 (flue) 引去，使溫度冷至燃燒點以下，然後始與空氣流接觸。

### 火爐之地位

火爐之地位，在礦井開採之礦，須建於出風井之底邊附近，熱氣入井，以近井底為佳，可得最高之熱空氣柱。以最深之井為出風井，可免空氣流因節季變遷而逆向之危險。火爐宜建於井底下邊，使烟窗可升入井中，而開鑿爐位之費用較省。溼井不宜用作出風井，因水可減低

溫度阻滯上升空氣柱，而溼氣蒸發，亦損耗一部分之熱故也。若在平窿開採之礦，空氣柱之高度不大，故火爐以建於迴風路之口為佳，常開一井於該處，以得較高之空氣柱。最安全之計畫，火爐常建於地面，用一不漏氣之磚窿或木窿，使與出風路相接。

#### 通風路之面積

火爐之構造，須有充分之通風面積，使空氣流循環礦內。火爐通風之速度，每秒鐘不得過二〇英尺，而通風路之總面積，即以此速度計算之。例如每分鐘空氣流為五〇〇〇立方英尺，則經過火爐周圍之通風路面積，不得小於  $5000 \div (60 \times 20) = 41.67$  平方英尺。爐格 (grate bars) 之長，不得過五英尺，其面積以公式  $A = \sqrt[3]{D} \times H.P.$  計算之。A 為爐格面積 (平方英尺)，D 為礦井之深 (英尺)，H.P. 為空氣流循環馬力。

### 第四節 機械通風

#### 機械通風器之種類

礦內機械通風器種類甚多。最早之通風器為風筒 (wind cowl) 突出地面，將筒口對着風向壓力，使空氣流入礦內。水力箱通風器 (hydraulic box ventilator) 水

由高處流下發生空氣流，起供小礦通風之用。蒸汽噴射 (steam jets) 亦能發生空氣流，故礦內通風，每利用之。然礦內機械通風器，用途最廣及效力最大者，則為風扇通風 (fan ventilation)。藉風扇發生空氣流，有兩種方式：(一)藉空氣之推進作用；(二)藉壓力作用，由風扇旋轉發生離心力而成。風扇之構造，即用此二原理。

#### 圓輪風扇

圓輪風扇 (disc fan) 之作用與風車 (windmill) 相似，惟風車藉風力旋轉，此則以旋轉而生風力耳。輪葉裝於中心軸上，用動力使之旋轉，推動空氣，發生空氣流。在壓力不大之處，用此種風扇通風，效率最大。

#### 離心力風扇

凡單用離心力原理，以及用離心力與推進力兩原理合併而造之風扇，皆包括於離心力風扇 (centrifugal fan) 一類之中。離心力風扇，又有放風扇 (exhaust fan) 及壓風扇 (force fan and blower) 二種。

(一) 放風扇 扇之進風口與風井相接，放風口透出空氣中者，謂之放風扇。風扇旋轉，使進風路空氣稀薄，於是外面空氣，即由入風井吸入，通過礦內各處，再入風扇口放去。

(二)壓風扇 扇之出風口與礦內風路相接，風扇旋轉，發生壓力，使空氣流經礦內風路，由出風井放出者，謂之壓風扇。

離心力風扇之扇輪爲數張輪葉裝於中心軸而成，置於開口箱或閉口箱中。空氣由箱之一邊或兩邊中心流入，爲輪葉所鼓勵，發生旋轉運動。而由離心力之發生，起一種放射式壓力，由中心而向周邊。開口風扇，僅將扇輪之邊，包於箱中，空氣由圓周周圍，自由放出。此種風扇，其動作僅爲放風扇之用。閉口風扇，其扇輪之周圍兩邊，均包入箱中，僅於箱之一點，開一出風路，與箱之圓周正切，連以喇叭形之風筒。此種風扇，可作放風扇及壓風扇之用。故放風扇與壓風扇之差，即在箱之構造，而扇輪則無異也。

## 第五節 安全燈

### 安全燈

礦內取光，必須燈火，但用平常燈光，有發生火災之危險。因礦內每有容易引火之氣體充積，一遇燈火，即行爆發，生命財產，均受重大損失故也。一八一五年，德斐 (Sir Humphrey

Davy) 氏發明安全燈 (safety lamp) 可供有氣體礦內照明之用，一可試驗礦內之發火氣體，功用甚巨。安全燈之構造，係一高約六英寸直徑約二英寸之圓筒，上裝兩層鐵絲網，隔開火燄與外面氣體，勿使直接相觸。火燄穿經鐵絲網，因傳導作用，使熱度低至沼氣發火點以下，即不至爆發。安全燈自德斐氏發明之後，經許多工程師之研究與改良，種類甚多，但原理則一，茲舉數例如下：

**斯蒂芬孫氏安全燈或喬第氏安全燈**

斯蒂芬孫氏安全燈 (Stephenson lamp) 或喬第

氏安全燈 (Geordie lamp) 係於鐵絲網之內，裝一玻璃圓筒，下面有一有孔之銅套，使氣體流入。

**克拉尼氏安全燈**

克拉尼氏安全燈 (Clang lamp) 係於火燄周圍用玻璃筒，上裝鐵

絲網，空氣由網之下部流入，下達火燄。故玻璃罩常受烟薰黑，惟燈光之強度較大，無甚妨礙。

**繆塞勒氏安全燈**

繆塞勒氏安全燈 (Mueseler lamp) 係於玻璃圓筒之上，附一鐵筒，空

氣由兩筒中間流入，使燃燒較良。

**托馬斯氏安全燈**

托馬斯氏安全燈 (Evan Thomas lamp) 為改良克拉尼氏安全燈而

成，使內層玻璃罩圍於火燄，通氣孔在其下。空氣由外層玻璃罩上面流入，下達兩層玻璃罩之間，再

由內層玻璃罩下面之孔，通入火燄。

**阿士衛司氏赫柏勒魏特氏格雷氏安全燈**

阿士衛司氏赫柏勒魏特氏格雷氏安全燈

(Ashworth-Heplewhite-Gray lamp) 空氣由四條空柱底邊流入，可供試驗崗頂煤氣之用。

**倭爾夫氏安全燈**

倭爾夫氏安全燈 (Wolf lamp) 用揮發氣油燃點，為試驗煤氣最佳之

燈。

**電燈**

電燈 (miner's electric lamp) 為一八七〇年前後柏諾特氏杜馬斯氏 (Benoit-

Dumas) 所創設，專供礦內救災之用。至實用手攜電燈，以作氣體繁盛礦內照明之用者，約自一八九五年比利時始。近時已通行甚廣，凡規模稍大之礦，幾全用電燈照明。礦用電燈，有乾電及電流二種。乾電電燈，若電池打碎，無須割斷電路，較為安全；電流電燈，因有電線走火之患，除金屬礦及煤礦露天掘可儘量採用外，在煤氣太盛之煤礦，用者較少。

電燈之優點為：

(一) 燈光明亮。

(二) 無引火之患。

(三) 電燈裝於帽上，工人可兩手自由工作。

(四) 無氣體放出。

(五) 空氣中含氫在百分之二十以下，效力不減；若用安全燈，即昏昏欲熄。

電燈之劣點爲不能作試驗煤氣之用。但礦內氣體，先經用種種方法檢查，即用電燈，亦不至有發生火患之危險。

#### 火氣檢驗法

礦內火氣 (fire-damp) 主要者係沼氣 ( $\text{CH}_4$ )，燈燄增高，隨空氣中所含沼氣之分量而異。故以安全燈燄試驗沼氣之成分，係最簡便之法。沼氣燃燒，發生藍色燄。若將燈燄燃低，直至無黃色火燄可見，而有百分之一左右之火氣存在時，則燄上即現出微弱淺藍色之帽。若此種藍色之燄，逐漸增高，即係沼氣成分增加之證。空氣中所含沼氣之成分，其爆發點在百分之五左右，故用安全燈試驗，可以測出。此外尚有許多檢驗器，茲不具述。

## 第十章 石油礦開採法

### 第一節 石油礦之地質

#### 石油礦之分布

凡石油發生之處，大都皆有自然煤氣（natural gas）同生。惟煤氣之分布，較石油廣，故有許多發生煤氣之處，無有石油。石油與煤氣，皆為世界之重要工業源泉，故凡富有石油與煤氣蘊藏之國家，咸視為無上幸運。近世新油田之發現，時有所聞，可知未經開發之含油地方，數尚不鮮。二者之分布甚廣，凡時代較新之地下岩層，皆能有石油與煤氣存在。故在地質情形利於發生石油與煤氣之區域，實業家即努力多方研究，以探測其源頭之所在。

#### 地質情形

利於石油蘊藏之重要地質情形，計有下列各種：

(一) 地層岩石為水成岩之來源，或與水成岩來源之岩石接近。

(二)無劇烈之變質作用。

(三)有砂岩，石灰岩，砂，或其他有充分孔隙足以含蓄石油之地層。

(四)有若干足以成油之本源。

(五)地下水之情形，須不妨礙油囊或油池之聚積。

(六)有適宜之頂層，以阻止石油之逃散，或被地下水沖出地面。

(七)地層之構造與高度適宜，使石油聚集成池，並有水，重力作用，及岩石壓力等之阻力。

地面表示

石油蘊藏之區域，大都有地面上之證據，為地質學者或石油工程師探測油田

之助：

(一)油泉 (oil seepages 或 oil springs)。

(二)自然煤氣泉 (natural gas springs)。

(三)砂岩或石灰岩之露頭，有石油或地瀝青 (bitumen) 等之烱染。

(四)瀝青質湖沼或其他瀝青質液體。

(五) 瀝青質岩脈 (bituminous dikes)。

(六) 泥火山 (mud volcanoes)。

(七) 橘紅黏土 (burnt clays)。

(八) 鹽之所在。

(九) 硫之所在。

(十) 水面虹膜。

## 第二節 油田之鑽探

### 油田之鑽探

油田所在，已由上述某種地面證據證實後，即可着手作地質的探測。地質探測，一方面為尋求石油之實在證據而研究之，他方面為研究控制石油分布之岩石構造。約而言之，即辨別此二者之是否可靠。重要之工作，在於發現地質構造之形狀，製成地質圖，且研究地下石油之貯藏及如何出油之計畫。

## 第三節 油井之開鑿

### 打鑽法分類

已知地質構造之情形，測定打鑽之地位，即實行打井工作。打鑽油井之法有二種：一為衝擊法（percussion system），一為旋轉法（rotary method）。前者自一八五九年美國創用後，直至一九〇〇年，風行甚久。自此以後，則旋轉法引起重大之注意。在初次試用時，反對之人亦不少，迨至試用後成績甚佳，故近日發展，非常之速。

### 衝擊鑿井法

此法與平常開鑿自流井之方法相似，不過油井較深，用動力以代人力，設備上更為複雜耳。最重要之設備，計有下列各種：

(一) 井架 (derrick) 高自七二英尺至八四英尺，架脚二〇平方英尺，供升降機鑽及井管 (casing) 之用。

(二) 動力設備 (the power plant) 開鑿深井，大都用蒸汽機。其引擎馬力，自二五至三〇；鍋爐馬力，自四〇至五〇。

(三)鑽尖(drilling bit)種類甚多,視地質情形採用。

(四)鑽桿。通常分爲四段,自上而下連接,曰繩眼(rope socket)打桿(sinking bar)震桿(jar)及鑽桿( auger stem )

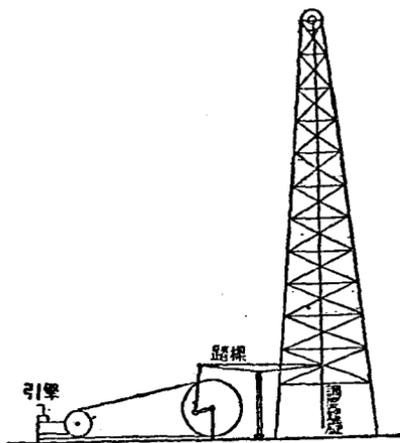
(五)繩索(wire rope)

(六)踏樑(walking beam)

(七)調度螺旋(temper screw)供打

井時逐步放下鑽桿之用。

打井機械之裝置,如第七十圖引擎發動,傳到踏樑,起上下衝擊運動。踏樑一端,與鑽桿連接。於是鑽桿亦起衝擊作用,逐漸打下。每打深六英尺左右將鑽起出,洗去泥屑等物。鑽孔打成之後,常用廣孔鑽(under reamer)將鑽眼擴大,然



第七十圖 打井機械裝置

後插入井管，防阻塌壞及流砂等之填塞。

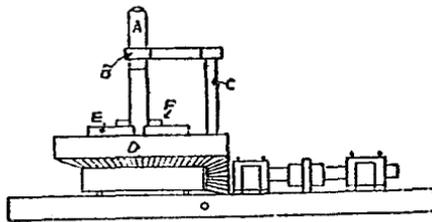
### 旋轉鑽井法

此法為大衛斯 (E. H. Davis) 氏所發明，近時採用日廣。鑽尖種類甚多，視地質之情形，而定採用之標準。鑽尖與一粗重之鑽管 (drill pipe) 連接。如第七十一圖，D 為旋轉台 (rotary table) 中有方孔，鑽管之上截插入，下面為齒輪，用引擎或馬達旋轉。E 及 F 係固定之套盤，C 及 B 為鉗柱，使 A 旋轉。全部設備，計有蒸汽機一，三七〇馬力之鍋爐，鑽管抽泥水機 (slush pump) 二，電動機及氣油機等。井架高自八英尺至一三〇英尺。

鑽井機與打井機之區別，除動作方式不同外，尚有清理鑽孔泥層之方法，亦絕不相同。用抽泥水機由鑽管中施以高壓力，使泥水從管端小孔噴出，直衝鑽孔之底，於是再由管之外邊湧出地面，將鑽下之泥屑等帶去，可免停止開鑽，抽洗鑽孔之煩。

### 鑽井法之優劣

鑽井法之優點為：



第七十一圖 旋轉鑽井機

- (一) 鑽掘迅速，出產較快。
- (二) 較大井管，可插下深井，節省擴大鑽孔之費用。
- (三) 可鑽不堅固之砂層及頁岩。
- (四) 抽水及處理斷鑽等之工作較少。
- (五) 泥水循環進出，可阻擋油氣等之高壓，故鑽鑿深井，鑽孔口不用掩蓋。
- (六) 清理鑽孔，牆壁之陷落極微。

其劣點爲：

- (一) 地層性質，不易察看，因鑽下之泥層，與水混雜，流出地面，極難分析。
- (二) 循環泥水，往封閉含油砂層，鑽孔經過，尙未窺見。
- (三) 鑽孔每多彎曲。
- (四) 鑽掘砂岩及石灰岩層，必須堅硬岩鑽。
- (五) 鑽孔深達三千英尺，取出鑽器，須四小時，若在打井機，僅須五分鐘。

(六)設備費較大。

(七)水之供給及運輸，有時煩雜。

(八)工作費用較巨。

## 第四節 出油法

### 出油法分類

油井鑿成之後，第二步工作，即爲出油。出油方法，即應用各種機械，將井內之油吸出。最適用之法，計有汲取法（*baling*），壓取法（*swabbing*），抽取法（*pumping*）及氣壓法（*air-lift method*）等數種。出油量之多寡，各處情形不同。有一日出油二百桶者，有僅出油數桶者，亦有出油多至千餘桶者。方法之選用，大都視油之比重，水及氣體之分量，石油上升之水平面，油中含砂之量，及油井之大小深淺而定。

### 自流油井

凡油層多砂，且有高壓力之巨量氣體，或爲鹽水所壓時，結果即成噴泉，由井口自行噴出。自流油井（*flowing oil well*）之產量，有極大者，如忒落阿蘇爾（*Cerro Azul*）第四號

油井，一日夜出油多至二六一〇〇桶是也。惟自流油井，最易起火，如多斯波卡斯(Dos Boets)油井，自一九〇八年完成後，即遭火患，完全消失。故近來對於自流油井之防火設備，非常注意；有於井口附近安置滅火機，亦有於地下開掘隧道，與油井相接者，一遇火患，將井管堵塞，停止油之流出，火即易熄。

#### 汲取法

用一長圓鐵筒，下端附活塞，放入油井中，將集積井底之油，汲出地面。但油井中若含有巨量之砂，則此法不甚適用。因油井既深，直徑又小，用汲油管(rod)汲取，太不經濟故也。近時特製一種有篩眼之套管，插入井底，以阻浮砂，然後用抽油機抽取。

#### 壓取法

若油井之產油能力，較大於平常抽油機之抽取量時，可用壓取法，能得最大產量。此法與汲取法相同，惟產油量較大，若在直徑較小之井，更爲適用。用一周圍有孔眼之空心管，上端插入橡皮帶(rubber swab)中，下端附有壓活塞。當橡皮帶放下油中，活塞開啓，使油流入空心管；橡皮帶抽上時，活塞關閉，上部之油，即可汲出。橡皮帶之作用，乃使空心管與井壁緊切，增加壓力，與平常唧筒活塞相似，以此壓取石油。產量可增加。

### 抽取法

用抽油機抽取井底之石油，因其設備簡單，工作經濟，故現時開採石油，大都用此法抽取。深井抽油機，應用擠水式抽水機（*plunger-pump*）原理構造，以長約五英尺至十英尺之鋼製圓筒，放入油井中。圓筒下端，附一有孔短管，使油可入抽油機中。抽油機之構造，與平常抽水機相同。用動力使之上下轉動，油即源源抽出。

### 氣壓法

用壓縮空氣打水之原理，發明甚久，但用此原理以出油，為時未久。將壓縮空氣由管之內部或管之周圍輸入油井中，油即與氣泡同時上升，噴出地面。氣泡與油混合，使油之重量減輕，同時氣泡急速上升所生之摩擦力，亦將油帶上。氣壓機之動力，用汽油機發動。所需動力大小，視油井之深度及容量，油之比重及濃度，上升之高度，及井中水量與砂量之多少而定。

### 氣壓漲溢法

氣壓漲溢法（*air flooding*）亦用空氣壓縮機，將空氣壓入油井中，使油上升。惟管之下端附一填塞器（*pacifier*），插入井中，與砂層相接，空氣壓入，因填塞器阻住，不能回上地面，於是由砂中側向橫壓，使油從周圍各井溢出。

### 煤氣收集法

油井出油時，有許多氣體隨之而出，故須於井口裝設吸收器以收集之。最簡

單之設備，係用一直立吸氣機 (suction pump)，使入口與井管相接，抽吸氣體，再輸至凝結器中提煉之。

## 第五節 石油運輸法

### 石油運輸法分類

石油出井之後，運輸方法，亦屬重要。最初運輸石油，多用裝箱法。油與鹽水吸出地面，流入桶中，油浮水面，俟聚集較多，即傾入瓶中，運售各處，此為小規模運油之起點。迨至石油出產日增，而運輸方法，亦與俱進。近時運輸石油之方法，可分為箱運、車運、船運，及管運四種。

### 裝箱運輸

裝箱運輸 (package transportation) 係最早之法，即將石油裝入箱中運輸。石油為易於引火之物，故用此法裝運，殊多危險。

### 鐵路運輸

鐵路運輸 (railroad transportation) 係將大量原油，裝入車箱中，置於鐵路平車上，運去精煉。最初用木製之箱，繼用鐵製，最近全用鋼箱，容量自六〇〇〇加倫至一三〇〇〇加倫不等。車係圓筒形，有熱管車 (heater-pipe car)，無熱管車 (car without heater-pipe)。

格子車 (compartment car) 及絕緣車 (insulated car) 等四種。如係濃厚原油、蠟油、地瀝青等，須於車箱中裝一熱汽管，使之溶化。若運汽油、煉油、及潤滑油等，無須裝熱管。格子車可裝各類石油；絕緣車可減少蒸發。

#### 油槽船

用船裝運石油，自一八七〇年英國創始。船之樣式，與平常貨船相似。將船身分爲數格，有直格橫格二種。機器房裝於船尾，亦有裝於船之中部者。

#### 管運

石油之管運 (pipe-line transportation) 乃一八六五年美國所創。其管長四英里，有抽油機站二處。近時進展甚速，管長自數英里至一五〇〇英里不等，每日輸油量自一五〇，〇〇〇桶至一，三〇〇，〇〇〇桶，即約二〇〇，〇〇〇噸。此法運輸，較他法爲廉。管之安設，以運輸距離最近及最便利爲要點，故對於地方情形，岩石性質，皆須通盤籌畫，始無窒礙。此外如油站之建築及地點，亦須審慎選擇也。

中華民國二十三年二月初版

(二一五八二)

工學探礦工程一冊

每冊定價大洋伍角伍分

外埠酌加運費匯費

著者 胡榮銓

發行人 王雲五  
上海河南路

印刷所 商務印書館  
上海河南路

發行所 商務印書館  
上海及各埠

\*\*\*\*\*  
\* 翻 印 權 所 有 \*  
\* 必 究 \*\*\*\*\*

