

科學圖書大庫

實用金屬加工技術

譯者 周濂溪 · 高寶泰 · 楊詠沂
馬秋坤 · 王本泰 · 李景景

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

實用金屬加工技術

譯者 周濂溪·高寶泰·楊詠沂
馬秋坤·王本泰·李景景

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 石開朗

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國七十年三月二十七日初版

實用金屬加工技術

基本定價 3.80

譯者	周濂溪	中山科學研究院副研究員
	高寶泰	中山科學研究院副研究員
	楊詠沂	中山科學研究院副研究員
	馬秋坤	中山科學研究院副工程師
	王本泰	中山科學研究院研究助理
	李景景	中山科學研究院研究助理

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第1810號

出版者 負責人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306 號

發行者 負責人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號

電話 9221763
9446842

電話 9719739

原 序

由於工業技術迅速發展所形成的需要，已使得金屬加工研究資料常常趕不上時代，或者太簡單得不切實用的一種地步。“實用金屬加工技術”就適時提供可用的，與實際需要的資料，以填補其空隙。

今日工科學生位於工業特別需要的地位。除了對工業界新發展的過程特需了解其重要外，也必須要了解這些過程的基本理論與原理。教師也須鼓勵學生應用過程的原理，而不是只為記憶那些特殊機器的操作步驟。假如能作到這一點，新應時的裝備就只需了解其特性，不需再學習那些基本原理，有些操作方面改變的訓練也不像實際了解理論過程那麼長時間。因此，這本教科書包含的，除金屬加工過程外，也有理論作基礎。

此書第一部“金屬”是使學者認識物理性質與結構。第二部“品質管制”以金屬作試驗，闡明品質意義。其他分成四大主要金屬加工部門，和製造程序。每一部門除了過程還有理論，和應用這些理論的特殊問題。每一章還有問答，以幫助加深讀者了解。

“實用金屬加工技術”為大專水準所寫的教科書。其中有理論與原理，也有一些數學的應用，讀者不僅僅學到理論與數學觀念，也能學到操作過程。最後讀者不但能操作已學過的，或未學過的任何機器；更能知道機器為甚麼是這樣操作過程，和甚麼是這樣過程。

譯 序

實用金屬加工技術 (Metalworking Technology) 爲現代金屬加工專有最新技術，原序中寫得非常中肯誠摯，譯者自不必在此重覆。

今日台灣工業蓬勃發展，自不能以此爲滿足，因爲正面臨着先進國家的日益進步，與新興國家的急起直追，如果不能改進加工技術就不能減低成本，提高品質，就無法與別人競爭和拓廣市場。譯者等有見及此，共同完成“實用機械加工技術”一書，又復翻譯此書，合成一套加工系統，冀期能爲我國工業界有一點貢獻。

因公餘之暇從事此項翻譯工作，且集數人之力合譯，一定會有許多錯誤，尚祈談者，與專家們不吝指教，譯者當無限感激，以惕勵來茲。

周濂溪 高寶泰 楊詠沂 等 謹序
馬秋坤 王本泰 李景常

中華民國六十九年四月四日

目 錄

原序	
譯序	
第一部 金屬	
第一章 金屬之提煉..... 2	
1-1 提煉過程..... 4	
第二章 金屬之結構..... 13	
2-1 金屬之特性..... 13	
2-2 原子結構及鍵..... 13	
2-3 空間晶格..... 14	
2-4 枝蔓..... 16	
第三章 金屬之性質..... 21	
3-1 化學性質..... 21	
3-2 物理性質..... 23	
3-3 機械性質..... 23	
第四章 金屬之分類..... 31	
4-1 鐵金屬..... 31	
4-2 非鐵金屬..... 35	
4-3 金屬識別..... 40	
第五章 金屬之熱處理..... 44	
5-1 表面硬化..... 44	
5-2 熱處理..... 48	
第六章 金屬之塗料..... 58	
6-1 腐蝕試驗..... 58	
6-2 陰極防護..... 59	
6-3 電鍍..... 60	
6-4 陽極氧化..... 61	
6-5 鍍鋅..... 62	
6-6 氣溶膠電鍍..... 64	
6-7 噴漆..... 64	
6-8 化學着色..... 67	
第二部 品質管制	
第七章 表度測量..... 70	
7-1 標準規..... 70	
7-2 量器..... 73	
7-3 公差..... 88	
7-4 公制系統..... 90	
第八章 破壞試驗..... 93	
8-1 拉伸試驗..... 93	
8-2 壓縮試驗..... 95	
8-3 扭力試驗..... 95	
8-4 疲勞試驗..... 97	
8-5 彎曲試驗..... 97	
8-6 凹痕斷裂試驗..... 98	
8-7 衝擊試驗..... 99	
8-8 硬度試驗..... 101	

第九章 非破壞性試驗·····105	第十四章 砂鑄造·····173
9-1 超音波檢驗法·····105	14-1 安全措施·····173
9-2 放射線照相檢驗法·····109	14-2 手工具·····174
9-3 液體滲透試驗·····110	14-3 模箱·····174
9-4 磁力探傷法·····112	14-4 造模機·····175
第三部 金屬熱作加工	14-5 模型板·····176
第十章 模型·····116	14-6 離心鑄造·····178
10-1 撞擊模子·····116	14-7 全模法·····180
10-2 拔模斜度·····118	14-8 砂模法之缺陷·····181
10-3 收縮·····119	第十五章 半永久鑄造·····183
10-4 凝固·····120	15-1 殼模·····183
10-5 模型設計·····120	15-2 包模法·····185
10-6 模型材料·····130	15-3 石膏模·····191
第十一章 澆口·····132	15-4 石墨模·····192
11-1 豎澆口·····132	第十六章 永久模·····194
11-2 橫澆道與支道·····136	16-1 模心·····196
11-3 冒口·····140	16-2 澆口·····197
第十二章 熔化及熔劑·····144	16-3 壓擠造模·····197
12-1 溫度測量·····144	16-4 低壓鑄造法·····197
12-2 鑄造爐·····148	16-5 熔液鑄造法·····198
12-3 熔劑·····156	16-6 浸入鑄造法·····198
第十三章 砂及黏合劑·····162	16-7 壓入鑄造法·····199
13-1 砂的結構·····162	16-8 壓模鑄造法·····199
13-2 特製砂·····163	第十七章 粉末冶金·····205
13-3 調製·····164	17-1 粉末冶金術·····205
13-4 黏合劑·····166	17-2 粉末之製造·····209
13-5 添加物·····171	第十八章 鍛造·····210
	18-1 造形法·····210

18-2 造形法	211	22-1 剪割作用	252
第四部 金屬冷作加工		22-2 剪割設備	253
第十九章 擠壓	220	22-3 穿孔及衝壓	254
19-1 冷作加工之影響	220	22-4 模具之製作	254
19-2 冷滾壓	222	22-5 製作方式	257
19-3 型砧	222	第二十三章 爆炸成型	259
19-4 冷鍛	223	23-1 需要之能量	259
19-5 冷抽	225	23-2 傳遞之介質	260
19-6 冷擠	226	23-3 成型之程序	261
第二十章 成型	228	第五部 焊接法	
20-1 中立軸	228	第二十四章 遮護電弧焊接	268
20-2 金屬流動	229	24-1 電弧柱原理	268
20-3 反彈	229	24-2 電弧柱與電源	268
20-4 彎曲	230	24-3 電源	275
20-5 模具成型	235	24-4 電焊機裝備	276
20-6 抽製	235	24-5 焊接操作	279
20-7 衝壓	236	24-6 焊接位置	281
20-8 格林成型法	238	24-7 電焊條的分類	285
20-9 符遜-灰隆成型法	238	第二十五章 氧乙炔氣體焊接	288
20-10 馬方姆成型法	239	25-1 氧乙炔焰	289
20-11 液壓成型法	240	25-2 焊接的種類	291
第二十一章 模型展開	243	25-3 氧乙炔氣焊裝備	292
21-1 直線法	243	25-4 焊炬焊接火口	297
21-2 平行線展開法	243	25-5 配件	298
21-3 輻射線展開法	246	25-6 焊接裝備的裝設	300
21-4 三角形法	247	25-7 焊作方法	302
21-5 滾轉展開法	250	25-8 氧氣切割之化學作用	305
第二十二章 剪割	252	第二十六章	

第二十六章 氣體遮護電弧焊接
.....308

- 26-1 遮護氣體.....308
- 26-2 氣體鎢極電弧焊法.....309
- 26-3 T I G 焊接裝備.....313
- 26-4 惰性氣體可消耗性電極
焊接法.....316
- 26-5 惰性氣體金屬焊接設備
.....319
- 26-6 M I G 焊接操作.....322

第二十七章 潛伏電弧焊接.....327

- 27-1 操作.....327
- 27-2 複電極潛伏電弧焊法...321

第二十八章 超弧(電漿——電弧)
焊接.....333

- 28-1 電漿電弧.....333
- 28-2 電漿電弧焊接的設備...334
- 28-3 電漿電弧焊接的操作...334

第二十九章 電阻焊法.....339

- 29-1 點焊焊法.....339
- 29-2 縫合焊法.....441
- 29-3 凸壓焊法.....442
- 29-4 對接焊法.....442

第三十章 金屬噴焊法.....348

- 30-1 表面之整備.....349
- 30-2 焊條金屬噴焊法.....350
- 30-3 熱噴焊.....352
- 30-4 電漿——電弧噴焊.....355

30-5 電弧噴焊.....356

第六部 機 具

第三十一章 鋸割、鑽孔及研究
.....360

- 31-1 鋸割.....360
- 31-2 鑽孔.....366
- 31-3 研磨.....374
- 31-4 磨床.....377
- 31-5 整修.....378

第三十二章 車床.....382

- 32-1 車床零件.....382
- 32-2 車床型別.....385
- 32-3 車削刀具.....385
- 32-4 車床刀具刀頭.....386
- 32-5 速度與進刀.....389
- 32-6 夾持機構.....390
- 32-7 操作.....392

第三十三章 銑床.....397

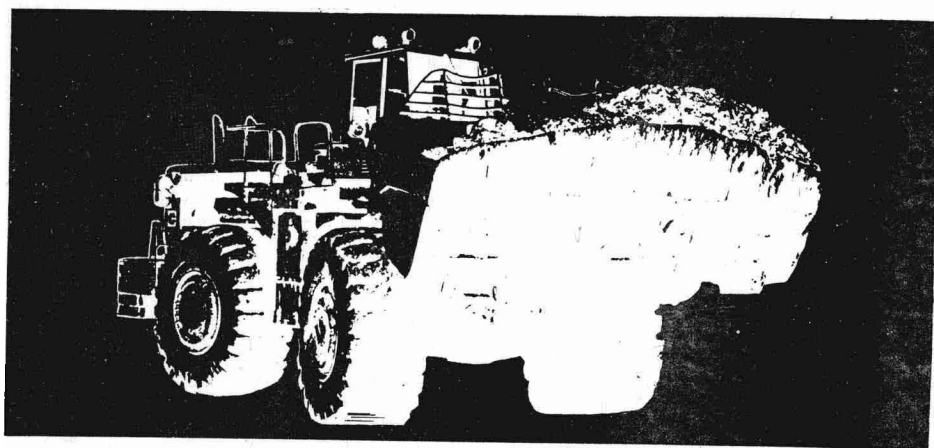
- 33-1 銑床大小.....399
- 33-2 銑刀.....301
- 33-3 速度與進刀.....405
- 33-4 切削液.....405
- 33-5 操作.....408

第三十四章 電加工.....410

- 34-1 放電加工.....410
- 34-2 電化學加工.....414
- 34-3 電化學研磨.....418

第三十五章 數字控制.....	421	35-3 命令系統.....	424
35-1 控制系統.....	421	35-4 寫碼控制.....	426
35-2 N/C 指標系統.....	423	35-5 二進碼 + 進數記法.....	426
		35-6 紙帶格式.....	428

第一部 金屬



第一章 金屬之提煉

對金屬之研究稱為冶金學，其中包含提煉冶金學及物理冶金學。物理冶金學在研究金屬之機械處理，化學成份，製造過程及如何應用金屬等。另一方面，提煉或製造冶金學祇在討論如何將礦開採出來並提煉成金屬。

所有金屬可從海洋或地殼中提煉出來。到現在為止，對地殼穿入最深深度約為10英里，對此十英里地層之研究，鑑定了構成地殼之基本元素。表1-1列出了基本元素之重量百分比，在此表中之所有元素，皆為地殼中所具有。不僅這些元素容易開採，很多元素可由製造程序提煉而得。約百分之四十六之地殼為氧化物所組成，矽與礬土佔地殼總成份百分之74，其他元素則佔甚少重量百分比。例如，鐵佔地殼成份約百分之五，而鉬僅佔重量百分比之0.0006。

非金屬成分多以天然狀態存在。少數金屬無需經過製造過程而開採的包括金、銀及少量之銅與鐵。大多數金屬需由含該礦之礦物內提煉而得。由礦物內可開採出之物質稱為價 (value)。礦物內亦常含有脈石 (gangue) 是為廢料。提煉冶金學，大部工作為將價與廢料分開之過程，由礦脈中提煉出之礦物不是氧化物就是硫化物。氧化物為與氧結合之礦物，硫化物為與硫結合之礦物。典型的含金屬氧化礦物為鐵、鉻、鋁及鎂，含金屬硫化物之礦物為銅，鉛及鋅。

由地球地殼中提煉金屬分兩種礦坑即露天礦場 (open-pit) 及地底礦坑 (圖1-1及1-2)。露天礦場，通常礦床位於地球表面下300或400英尺。首先需將礦床上過重之物料除去，有時需用鏟土機每天工作24小時約一年時間，才能將此過重物除去。如礦脈深藏於地下則需用一直立軸戳入礦脈

表1-1 地殼中之金屬

金屬	重量 %
鉛	8.1
銅	0.01
鉻	0.037
鐵	5.0
鉛	0.002
鎂	2.1
錳	0.1
鉬	0.0006
鎳	0.02
錫	0.0005
鈦	0.6
鎢	0.005
釩	0.017
鋅	0.004
鈳	0.026

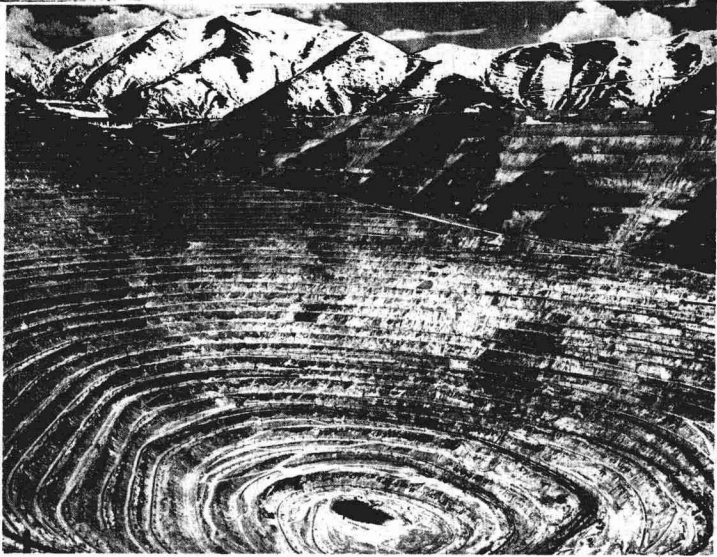


圖 1-1 露天礦場。

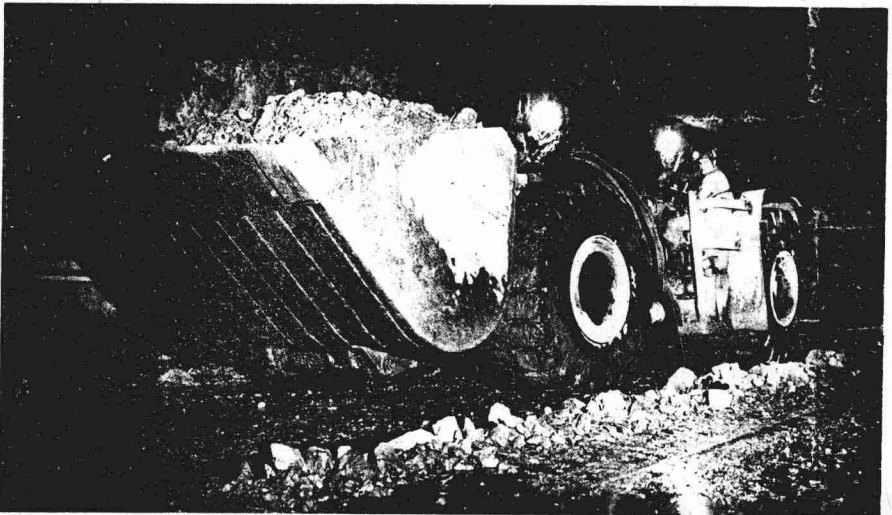


圖 1-2 地底礦坑。

傍側，用管道由軸中伸入礦脈。深入地下的工作遠較露天礦場為危險且昂貴。礦物亦可成為多變化「價」，此種變化使提煉「價」賤需經一複雜過程。事實上，從硫礦物中提煉銅之特殊過程，隨礦物之不同而不同，乃由於不同礦物中之外附價及廢料所致。

1-1 提煉過程 (*Process of extracting*)

由工作流程圖可幫助解說複雜之提煉過程。圖 1-3 所示為 0 提煉金屬之基本程序，隨着此過程進入物理冶金，使金屬製成商品。一典型之碾磨硫銅礦工作流程圖，說明從露天礦場中用鏟子將礦物移送經軋碎，研磨及淨浮階段後，將礦物分離集中於尾砂。此種從礦塊提煉礦物至最後之濃縮 (圖 1-4) 工作流程圖為金屬提煉之典型。

礦物選礦 (*Ore dressing*)

將礦物弄碎以便作各種處理，稱為礦物選礦，礦物選礦可分三步驟，即初次軋碎，二次軋碎及研磨。初次及二次軋碎，使用相同機器，但所用之軋碎爪不同，初次軋碎將礦石軋成 2 至 3 吋直徑之小塊，以後礦石再於二次軋碎過程中經一，二或三階段將礦石軋至約 $\frac{1}{4}$ 吋之碎塊。

作初次軋碎及二次軋碎所用之軋碎機，可為顎夾軋碎機 (*Jaw crusher*)，錐形軋碎機及鎚碎機或鼓輪，磨粉機。顎夾軋碎機有一靜止爪及可移動 1 到 2 吋之活動爪。此可移動之小距離，足夠將很多礦石軋碎 (圖 1-5a)。錐形軋碎機之用於初次及二次礦石選礦，有一錐孔倒轉裝入另一錐孔上，振動錐孔與靜止錐孔間之距離，決定了經過軋碎機材料之大小。一般言之，錐孔作圓形運動時可移動 1 到 2 吋以軋碎礦石 (圖 1-5b)。

鼓輪研磨為旋轉鼓輪者，礦石由鼓輪一端輸入，旋轉鼓輪，使礦石翻滾 (圖 1-5c)，並迫使礦砂由鼓輪另一端輸出。如需研磨之礦石無足夠重量產生研磨作用，或需

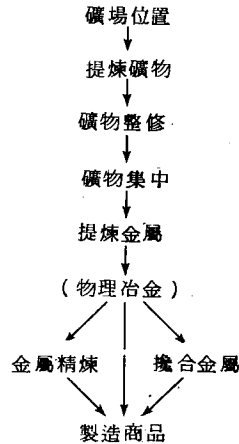


圖 1-3 冶金工作流程圖。

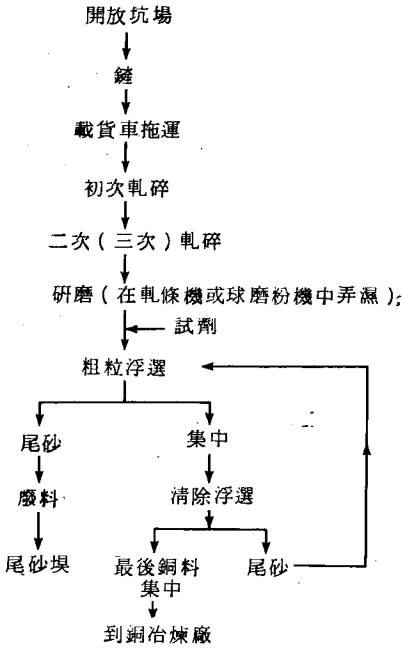


圖 1-4 硫銅礦研碎。

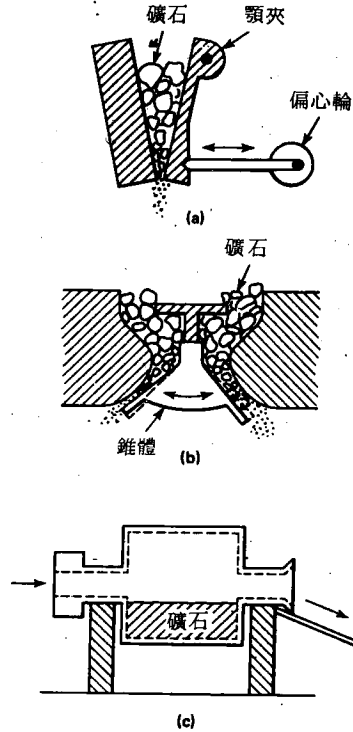


圖 1-5 礦石選礦 (a)顎夾軋碎機, (b)錐形軋碎機, (c)鼓輪研磨。

減少研磨時間，在鼓輪研磨中加放鋼球或金屬桿（常為熱處理過之金屬）。當鼓輪旋轉時，其內之金屬球即撞擊礦石，然後產生研磨作用，鼓輪研磨中因金屬球作研磨媒質者稱球磨粉機（ball mill），如用桿者則稱為軋條機（rod mill）。鼓輪研磨可產生 0.0006 吋直徑之礦石碎粒。在旋轉鼓輪中之礦石停留時間越長，粒度越細。

集中 (Concentration)

集中乃將「價」從礦渣中分離而出，可在軋碎及研磨階段之後舉行，一般言之，金屬中可用重力，浮選或磁性等方法集中。

重力法 (gravity) 乃由於礦砂與礦渣有不同的比重，故可將礦砂與礦渣分離出來，重力集中系統之基本型態為沉沒系統 (sink system)，沉浮系統 (sink-float system) 及飾孔系統 (jigging system)。沉沒系統乃將研磨成同樣大小形狀之礦砂投入靜止之水中，由於礦砂中之價比重較大，下沉速度較礦渣為快。礦渣飄浮在水面上由水流帶走，只有礦砂沉於底部。沉浮系統所用之方法與前者相同，僅所用之浮液不為水，取比重介乎於「價」及礦渣間之液體為之。礦渣浮於液體表面，礦砂則沉於底部，用沉浮系統以分離很多種礦砂之主要問題，為所用之液體需有正確之比重，而此種液體並不常可利用。

集中之飾孔柱塞重力系統 (jip plunger gravity system) 與其他兩種系統不同。用水作浮選機構，柱塞鼓動中中之水弄濕礦砂。礦砂進入水中，柱塞作上下鼓動使水平起伏，迫使水漫過飾幕，由於比重的不同，而將礦渣與礦砂分開，礦渣較輕浮於水面，礦砂則沉於飾幕上。一活動之水流直接經過水面，將礦渣帶走，並將礦砂集中於飾幕上 (圖 1-6a)。

浮選法 (Flotation) 將礦渣從礦砂中分離之浮選過程，可能為提煉冶金學中最常用之方法，主要以水作浮選媒體。化學藥品之加入水中，可作捕集器或起泡劑，礦砂位於浮選氣囊之中，空氣與起泡劑結成空氣泡，由於化學捕集器之作用，使此泡有一油質覆被物，此泡與礦砂結合浮於表面，復將帶礦砂之空氣泡，擠出浮選氣囊如圖 1-66 所示。

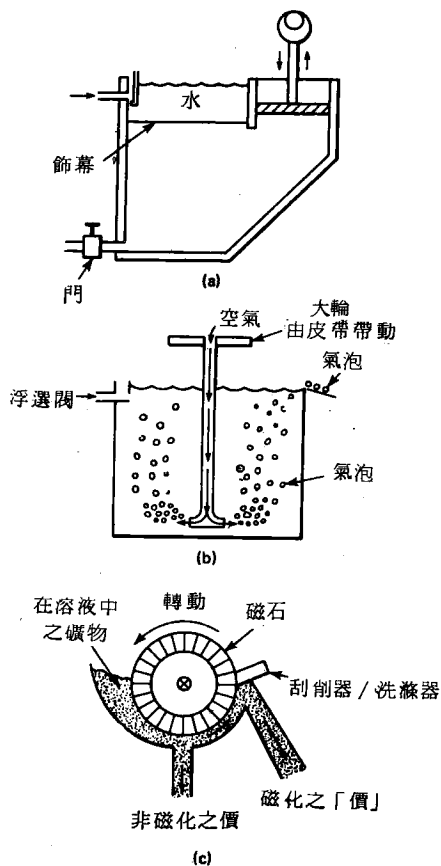


圖 1-6 集中(a)柱塞式, (b)浮選式, (c)磁性式。

將空氣注入浮選氣囊以高速旋轉，之後與水混合，被水弄濕的礦渣，遂漸變重沉於氣囊底部，而與油質氣泡接觸之礦砂，則浮於表層再經收集而得。氣泡之表面積決定氣泡所能攜帶礦砂之多少，小氣泡群之表面積較大氣泡之表面積為大，故可移出更多之礦砂。

磁性式 (Magnetism) 磁化分離器可將帶磁性之「價」與不帶磁性之「價」分離出來，或者將高傳導度「價」與低傳導度之「價」分離出來。在溶液中之礦砂，暴露於嵌在鼓輪上之磁石中，當礦砂經過這些磁石時，磁性礦物即附於磁石之上，非磁性礦物則從磁性鼓輪處流出。附着於鼓輪上之磁性「價」隨着旋轉，直到碰到一刮削洗滌器，將鼓輪上之礦砂刮下，並沖洗乾淨，在刮削器下方之導管，將刮下之「價」運向下一步之冶金過程。

尾砂 (Tailing)

雖然大多數「價」已經從礦渣中分離而出，一般乃將礦渣集中堆積起來

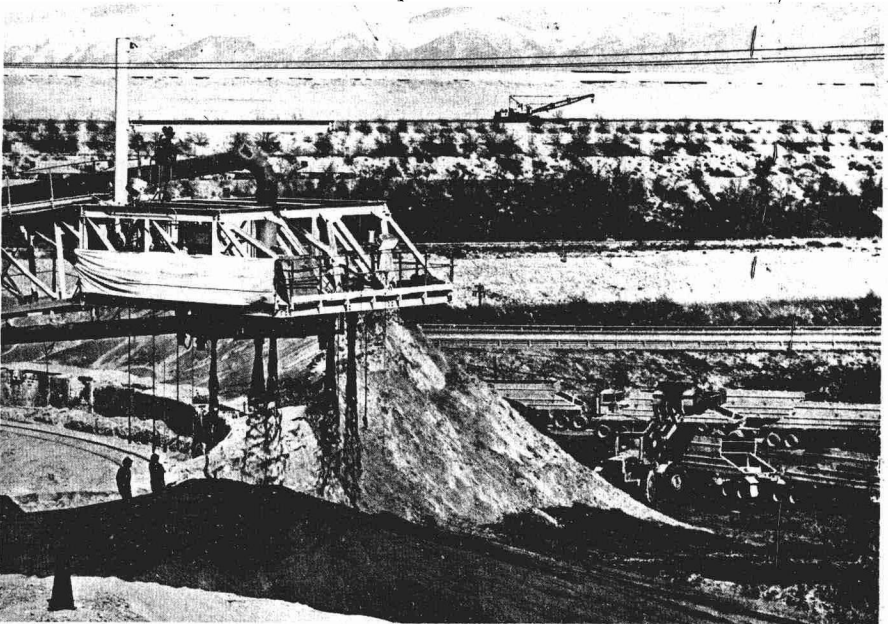


圖 1-7 尾砂堆集場。