

# 冶 金 學

上 卷

## ORE DRESSING AND METALLURGY

VOLUME I

李翼純編著

By

YICK SHUN LEE

PROFESSOR OF METALLURGY AND MINERALOGY

SUN YATSEN UNIVERSITY

Second Edition

中華民國二十二年

1933



3 0608 1035 9

中華民國二十二年

著作權者

李翼純

COPYRIGHT 1933

BY

YICK SHUN LEE

蔚興印刷廠印刷

廣州西湖路

## 再 版 序

---

此書自民國二十年出版，距今不過二年餘，世界變遷逾恆，金貴銀賤，環球各國，頓呈不景氣，失業日衆，華僑在外洋不能立足，紛紛携資回國，經營內地鑛業者頗不乏人。又况強鄰壓境，爲國防計，政府方注意於水電鋼廠及其他軍用原料之提煉。爲應時世之要需起見，本書有再版之必要。上卷第二章詳列水力計算表，可爲建設水電之嚮導。而關於鎢錫鋇鉍等之選鑛，金銀鑛之提煉，適用於中國內地鑛產，可爲華僑回國辦鑛之指導。下卷於銅鉛錫鋇鉍鋅鉛等鎔煉外，更加入煉汞法鋼鐵冶金及電爐煉鎢鉍等法，以而輔助政府提煉軍用原料，鞏固國防。斯亦臥曝之意義，聊盡匹夫之責云耳。

中華民國二十二年十一月

李翼純謹識

753066

## 序

---

李翼純先生任國立中山大學理科教授多年，對於礦物冶金之研究，備極精審。且其足跡遍兩廣，于兩廣礦務實際情況，最為稔悉。去歲乃從事出其歷年教授上及研究所得，著為冶金學一書，計分上下兩巨冊，都六百餘頁。現上冊已成，並索序於余。余維中國礦產，素稱富饒，惟以採煉不得其法，致貨棄于地，真堪惋惜。茲篇于選礦及熔煉之法，均本諸實驗，敘述詳明，且關於冶金學之機械圖式，半由李先生手自精繪，其用力之勤，誠屬不可多得。余既欽佩李先生治學之努力，復以是書能適應中國目下情形之需要，故樂為之序。

陳宗南序于國立中山大學理科

民國二十年四月一日

## 序

余自民元回國，向就鑛業公司聘任，充採鑛工程師及提煉師之職。自民國十四年始入廣東大學任講師，閱一年後，再任廣西建設廳鑛務技正，調查廣西各屬鑛產。民國十八年回中山大學，任冶金鑛物教授。閉若感覺中國鑛業雖多，但往往不能自行提煉，以供本國工業要需，而轉售其原料於外洋，以致價格為外人所操縱。外國人購我原料，提煉金屬品，製為器具後，復售回於我國。一出入，利權外溢，不知凡幾。故冶金學一科，實為中國目前科學之重要科目，不特專門學校學生，應當研究，即鑛業界工商，亦須具有冶金鑛智識，始能處理鑛場內所產各種鑛石，不致虛耗原有之寶藏。余編是書，實本此意。

是書分上下二卷，上卷專論選鑛冶鑛及金銀鑛提煉法，下卷專論熔煉方法，如銅鉛錫鐵錒鋅等之熔煉。本書注重實際工作，不取高深學理，立言詳細，圖式顯明。故凡普通學生工商，有中學程度，略識英文算術者，閱此書皆可了解。

余深望鑛業界諸君，留意是書所論選鑛提煉方法，實施於其所開採之鑛場，定可增加鑛產價值。例如錫鑛鑛石之買賣，以贛粵湘桂為大宗，其中雜質，如砒錫鉛砂等，須設法選淨，方不致扣價，本書於第三章選鑛法及第四章電磁選鑛法，已詳為說明。又如錒銻錫等鑛，為中國特產，中國多而歐美少，外國冶金書籍，對於錒銻錫之熔煉，往往畧而不詳，本書搜集中外熔煉方法，參以著者之經驗，特於第十十一及第十二章，詳為解釋。現當金貴銀賤之秋，中國金新

之可資提煉者，所在多有，但以知之者鮮，投資家每多懷疑，本書特於第六章列舉世界金銀鑛石成色，提煉方法及其費用，以資考證。銅鉛各鑛，每合金銀，中國所產，如滇桂之銅，粵桂湘之鉛，皆用火化分析，有合金銀甚富者，本書特於第八第九章，詳載銅鉛鑛之鎔煉，及提取金銀法，以期發展銅鉛鑛業。方今訓政時期開始，欲興辦鑛業，必先研究鑛冶金方法，始能盡地之利。余之編著是書，欲以應時世之要需，尤望博雅君子，對於本書錯誤之處，時加糾正，則誠幸矣。

中華民國二十年四月

李翼純謹識

# 目 錄

	頁 數
第一章 緒論	1—5
冶金學之範圍, 1. 選礦之設計, 2. 鎔煉之設計, 3. 鑛石之成份, 3. 鑛量之供給, 5.	
第二章 土質鑛床之選鑛	6—48
水量之測量, 7. 水量之計算, 7. 隄堰量水法, 9. V形缺口量水法, 9. 平板堰口量水法, 11. 鑛工寸量水法, 12. 水塘之設備, 13. 隄堰之建築, 14. 水唇之構造, 15. 築隄材料, 15. 散石築隄法, 15. 木格築隄法, 17. 水溝之設備, 18. 溝水之蒸化及滲漏, 20. 水溝測量, 20. 水溝之閉塞, 21. 吊槽之建設, 22. 水喉之設備, 23. 水喉導水之量, 23. 水出噴管之馬力, 24. 水喉之接駁, 26. 水喉之裝置, 27. 水喉之安全架, 28. 水喉之入水型, 29. 水喉之放水型, 29. 注水入喉之法, 29. 水力採鑛, 30. 噴管之沿革, 30. 改向噴管, 32. 開放噴管法, 32. 噴管射擊法, 32. 溝槽選鑛法, 33. 溝槽之斜勢, 33. 突墊之款式, 35. 底流之致用, 35. 廢石之清除, 38. 美國卡省選砂金法, 38. 掘泥船選鑛法, 42. 雙級舉揚機掘泥船, 44. 水力採鑛與掘泥船採鑛費用之比較, 45. 南洋選錫法, 45. 鑛粵選錫法, 47. 湖南選錫法, 48.	
第三章 石質鑛床之選鑛	49—126
碎石機器, 49. 開合壓石機, 50. 搖動壓石機, 51. 旋轉壓石機, 52. 碾石機, 52. 高速率碾石機, 55. 碾石機之理想碎石量, 56. 舂槌, 57. 槌之構造, 57. 槌柱之改良, 59. 臼, 60. 汞引臼, 62. 臼底之黏, 64. 弓背車接及旋轉輪軸, 65. 木架, 67. 槌引, 69.	



底墊, 70. 春槌力量, 71. 春槌碎石之量, 73. 春槌皮帶之計算, 73. 汽槌, 74. 壓氣槌, 74. 智利磨石機, 74. 新式之智利磨石機, 76. 亨廷屯磨石機, 77. 彈丸研石機, 79.

篩砂機器, 81. 旋轉篩, 82. 截錐式旋轉篩, 82. 複網旋轉篩, 83. 連接旋轉篩, 84. 濕篩法乾及篩法, 84. 濕篩法及洗砂篩, 84. 篩網, 85. 搖動篩, 85. 震動篩, 85. 鋼鐵疏糧, 85. 水力分砂機, 86. 尖底箱分砂機, 86. 亞里氏截錐形水力分砂機, 88. 多爾氏分砂機, 89. 槽式分砂機, 89. 滅粉沉積池, 90. 自動沉積箱, 90. 多爾氏連接稠結器, 91.

選鑛機器, 92. 手搖跳汰機, 93. 克氏跳汰機, 94. 急降跳汰機, 95. 柱式跳汰機, 97. 跳汰機活塞升降之節制, 99. 跳汰機篩網, 99. 跳汰機排洩法, 99. 跳汰機之用法, 101. 跳汰機之馬力水量及選鑛量, 101. 洗砂桌及洗砂帶, 101. 威氏洗砂桌, 103. 符氏洗砂帶, 105. 幼粉選鑛桌, 109. 帆布選鑛桌, 110. 固定選鑛圓桌, 111. 旋轉選鑛圓桌, 113. 扇形傘面旋轉桌, 114. 選鑛機械雜項, 115. 人工揀鑛帶, 115. 洗土機, 117. 連環起砂斗, 117. 自動裝鑛機, 119.

選鑛機械之選購, 120. 晶體大之鑛物, 121. 晶體小之鑛物, 121. 金銀鑛石, 121. 含硫化銀豐富之鑛石, 122. 炭酸鈉輝鈹鑛、錳鐵鑛(錳鑛)等, 122. 錫鑛與黃鐵鑛, 122. 硫化鉍鑛, 123. 選鑛場之佈置, 123. 重力之利用, 123. 壓石機及鑛倉之位置, 125. 鑛倉, 125. 水箱, 125. 發動力, 125. 地基, 126. 輪軸架, 126. 皮帶輾及皮帶之計算, 126.

#### 第四章 特別選鑛方法

127—174

(甲)浮游選鑛法, 127. 表面膜浮游法, 132. 攪動鑛沫法, 132. 氣泡柱法, 133. 浮游選鑛之試驗, 137. 鑛物之物理性及研磨之粗幼, 137. 油之種類及其份量, 138. 副藥劑之種類及其份

量, 139. 鐵粉與水之成份, 139. 浮游液之冷熱, 140. 浮游時間之久暫, 140. 浮游選鐵之試驗機械, 140. 鐵物分析浮游試驗機, 140. 加盧浮游選鐵試驗機, 142. 浮游選鐵試驗之進行手續, 142. 浮游選鐵試驗之記錄, 145. 浮游選鐵場之工作, 146. 浮游選鐵機械之構造, 147. 鐵物分析浮游機, 147. 加盧浮游選鐵機, 149. 精厘浮游選鐵機, 149. 精厘機械空氣機, 152. 浮游選鐵場之設備, 153. 分別浮游選鐵法, 154.

(乙)電磁選鐵法, 156. 電磁選鐵之效用, 156. 電流與磁動力之計算, 156. 磁動力與磁束及透磁率, 157. 磁阻力與磁動力及磁束之關係, 158. 感磁性與透磁率之關係, 159. 電磁之吸引力, 160. 電磁吸鐵量之試驗, 160. 電磁選鐵試驗機, 162. 域特里盧電磁選鐵機, 167. 強感磁性及大塊鐵物之電磁選鐵機, 169. 波路那屯電磁選鐵機, 170. 告樂度粗鐵電磁選鐵機, 171. 電磁選鐵進行及鐵石之準備處理, 172.

(丙)風力選鐵法, 173. 風力淘汰機, 173. 風力與水力選鐵之比較, 174.

## 第五章 煅鐵及煨鐵法 175—207

煅鐵及煨鐵, 175. 煨鐵之化學作用, 176. 硫化鐵物之養化煅法, 176. 養化鐵物之還原煅法, 178. 硫酸化煅法, 180. 綠化煅法, 181.

煅鐵爐之種類, 182. 煅鐵反射爐, 182. 機械撥鐵反射爐, 187. 企身煅鐵密, 189. 遮土密, 189. 外爐生火密, 191. 代肥氏煤氣密, 193. 旋轉臥筒密, 194. 后威氏旋轉臥筒密, 194. 布祿氏旋轉臥筒密, 194. 自熱煅鐵爐, 196. 鼓風煅鐵法, 198. 亨廷屯鼓風煅鐵釜, 198. 地威奈吸烟煅鐵斗, 199. 鐵堆煅法, 201. 圍牆煅法, 203. 煅鐵爐之效能, 203.

煅鐵氣體及鐵塵之處理, 205.

## 第六章 金銀鑛提煉法 208—285

中外金銀鑛苗成色, 208. 提煉法概要, 210.

汞引法及選鑛法, 211. 舂槌研磨及水銀板汞引法, 213. 水銀板之清理及塗抹法, 216. 白內汞引法, 216. 白內金銀汞膏之清除, 217. 水銀汞膏之損失及其補救法, 219. 水銀板汞引法之提煉成績, 220. 銀鑛汞引磨盤, 221. 銀汞膏及水銀沉積盤, 225. 金銀汞膏之處理及蒸煉, 226. 金銀條之鑄鑄, 228. 金銀鑛廠之選鑛設備, 229. 選鑛法截留金銀成績, 231. 淨鑛砂之鑄煉費及價值, 231.

青化法, 231. 鑛砂之準備青化, 233. 溶浸方法, 235. 溶浸盤, 236. 溶浸盤之用法, 239. 機械攪動器, 241. 空氣攪動器, 242. 機械空氣攪動器, 243. 攪動器之用法, 245. 瀉泌方法, 246. 摩亞吸力濾漏器, 248. 畢朶真空濾漏器, 250. 柯里化連接吸力濾漏器, 251. 騎厘壓力濾漏器, 252. 士域蘭壓力濾漏器, 254. 顛厘濾漏器及瑪利盧濾漏器, 256. 各種濾漏器之選擇及其用法, 256. 連接對流泌出法, 258. 溶液澄清法, 260. 金銀青化液之沉澱法, 260. 鋅絲箱沉澱法, 260. 鋁粉沉澱法, 265. 鋅粉沉澱法, 266. 金銀沉澱之處理及鑄鑄法, 267. 青化毒之消除及預防法, 267.

世界金銀鑛廠之工作, 269. 南非洲杜蘭斯哇, 269. 西澳洲域多尼亞, 270. 美國加利寬尼亞省, 270. 加拿大鈹玻盧省高等銀鑛, 271. 美國卡路拉度省, 272. 墨西哥柏米架, 273. 墨西哥亞士柏蘭, 273. 加拿大鈹玻盧省次等銀鑛, 274. 美國修平的高打省黑山, 275. 美國粒華打省湯落柏, 275.

綠化金法, 276.

亞硫酸鈉化銀法, 281.

金銀條精煉法, 283. 硝酸溶化法, 283. 硫酸溶化法, 284. 電解法煉銀, 284. 電解法煉金, 285.

# 冶金學

## 第一章 緒論

### 冶金學之範圍

冶金學包含選礦及鑄煉二部。由岩石分出礦物謂之選礦。由礦物分出金屬原質謂之鑄煉。選礦部有乾濕二法。乾法選礦如磁電選礦，風力選礦等是。濕法選礦較為普通。凡水力選礦，浮游選礦，汞引金銀，綠氣提金，青化法提金銀，硫酸溶銅等俱屬濕法選礦。至於鑄煉部可分為煅礦，熔礦，精煉，電解等手續。此則借重火力電力以分出金屬原質。煅礦者，所以煅去礦內之硫磺或炭酸，使變成硫化礦。以便於提煉。如為銀礦則煅時加以鹽，使成銀綠，以便於汞引及青化銀等進行。熔礦則由硫化礦還原成爲金屬原質。而以炭質或電解爲之媒介。凡銅鉛鋅等礦，多用鼓風爐熔之。錫銻鎢及銻礦矽砂等，則用反射爐熔之。熔鋅須用蒸鋅罐。熔鋁須用電爐。此其大凡也。精煉有用火力者，如煉熟鐵，煉銅，煉純錫，及由鉛提銀等，皆借重火力，化分金屬內雜質。有全用水化者，如分析金銀，鎔解鎳鈷，皆仗化學作用。亦有藉電解精煉者，如由粗銅煉成精銅，由粗銻煉成精銻，俱以電解爲便。冶金方法，分門別類，至爲詳備。運用之法，須先將礦物研究，適用於何法。或在大學研究室內爲小規模之試驗。或先寄礦物數百斤於歐美各國著名爐機製造廠，使之經一度之實驗，究屬以何種爐機，方適用於提煉此種礦物。如是研究清楚，方進行購置選礦鑄煉爐機，則決有成績可觀，不致誤事也。昔漢陽煉鋼廠，因未經酸法煉鋼之實驗，而遽行購置別色麻酸法煉鋼爐。以致鐵內磷質不能除去，煉出之鋼，不適用於用，費去數年之光陰，糜數百萬元之重資。厥後查出馬丁爐法煉鋼爲適用，除去磷質，遂成良鋼。然則設廠鑄鋼之始，可不審慎從事歟。可知冶金科學之智識實驗，關係於工業前途，其非淺鮮也。

## 選 鑛 之 設 計

礦石由礦床採出後，皆含有岩石或附屬礦物不適於用者，須經選礦手續將岩石及廢料除去，使適於用，方可出售。非金屬礦，如石墨、炭、煙煤等，亦須經選礦手續。或謂煤從煤層而出，多含炭質，毋庸選淨。此說非也。凡煤層本身及兩旁，往往夾有似煤而非之岩石，名為炭質頁岩，粵俗稱為柳頭。煤炭內果含有頁岩，則炭多而力弱。若經洗煤機選礦之手續，利用頁岩及煤炭之比重不同，用水力分離，則頁岩盡去而煤炭純淨。歐美各大煤礦，俱附設洗煤廠，其有故也。吾粵石炭，質地與隆基無煙煤同，而不及隆基煤之淨。謂非頁岩及沙泥等未洗淨之過歟。然則設廠洗煤，誠為振興土煤之要圖也。金屬礦最多莫如鐵，亦經選礦手續，使礦石俱含鐵有百分之五十以上，方合於熔煉。吾粵土製生鐵，俱由磁鐵礦砂鑄出，磁鐵比重大，選礦自易。若赤鐵礦含有雜質，如石榴石、火石等，則須經磁電機選淨。若褐鐵礦含有土質，則須經洗土機洗去泥質。此皆鐵礦山內所應備之機器，以便除去雜質，減輕運費也。此外鑛產，若為沖積鑛床如金、錫、鎢等，選礦方法，較為單簡。有用水喉射擊者，有用掘砂船撈洗者，有引溪流刮土者。由此所得清底重砂，再經洗淨，便得淨鑛砂。如為岩石內鑛床，則選礦手續，較為複雜。採出之鑛石須經壓石機壓碎，使鑛物品體與岩石分離。其粗粒者可用跳汰機洗淨。其幼粒者尚包含於岩石內，須再經碾石機、春槌或磨石機等研細，使岩石悉成幼砂，而鑛物微點分出，經過篩砂機或水力分砂機，然後用洗砂桌洗淨，便可得淨鑛砂。此外由水面浮出之鑛質微末，含鑛頗富，從前無法收集，近年新發明浮游選礦法，則此鑛末亦能取回。硫化鑛物，如銅、鉛、鋅、銀等，最合用浮游選礦法。至於金、銀等礦，體量極微，經春細水洗而外，更須參以汞引法，綠化金法、青化金銀等法，方能收集。此則各鑛之選礦設備，各不相同。凡經營鑛山者，須先將鑛床詳細試探，至少入地千尺以下，方能定奪施用何種選礦設備。蓋鑛床驟變，

亦屬常事。有金鑛變為銅鑛，鉛鑛變為鋅鑛者，苟非預先探確，則選鑛熔煉機器，不免中途廢棄也。

## 鑛煉之設計

鑛煉地點與選鑛有別。選鑛廠須貼近鑛山，以便選出之廢料，就地棄去，不至與有用之鑛砂同運，以所減輕運費。若鑛煉廠則須擇交通便利，燃料及配合材料容易採集之地點設立，而離鑛山之遠近，猶屬第二問題也。如為鑛鐵廠，則須擇鐵鑛焦炭灰石三者集合之中心點，或設鐵路輪船以聯絡之。蓋鋼鐵為偉大之經營，非有數千萬元之巨資不易辦也。若銅鉛等鑛，則規模畧小。銅鑛如為黃銅鑛，可在鑛山附設一鼓風爐，將硫磺及鐵質燒化。分出高等銅硫配合品，然後運往規模較大之鑛銅廠鑛煉。大抵含硫磺多之鑛，本身硫質自可焚化，需用焦炭燃料甚少，故運燃料入鑛山亦無問題也。煉鉛廠需用鐵鑛灰石以為配合材料，最好利用合金銀等質之鐵鑛砂以為合劑，則金銀被鉛收集，獲利更優。至於錫鑛等鑛，價值頗高，運費既無問題，則隨處鑛煉俱可。但錫鑛則宜擇煙煤及炭酸鈉易買入之地。鑛煉金銀等鑛，須需用汞質及氰化鉀等以為配劑。然所需之量極微，買入材料，運費既無問題，自當在鑛山附設選鑛及煉廠，以便就地取出金銀，棄去廢石也。此皆鑛煉設計之要點，顯而明之，存乎其人。至若錫鑛為吾國南方重要出產品，此鑛選淨之後，可直接加入於煉鋼爐，使與鐵化合成鋼，故無須鑛成錫質也。鐵鑛亦為兩粵特產，外國製藥家，往往直接將鑛質用硝酸溶解，以成藥品。此又無需鑛煉者也，鉍鑛為福建特產，焗去硫磺，使成硫化鉍，便可用之製鋼矣。

## 鑛石之成份

鑛石內所含金屬成份，以百份之若干計算。買賣家稱為若干度力，則每百斤鑛石合若干金屬原質也。如為銅鑛鉛鑛鋅鑛錳鑛等鑛，可直

接鎔煉成金屬品者，則度力以金屬原質計算。如錫錫銻等鑛砂之買賣，所稱為若干度力者，即每百斤鑛砂含純錫或純錫或純銻若干斤是也。如為錫銻等鑛，不便直接鎔煉成金屬品者，則度力以所含之主要金屬化合物計算。如錫之度力以每百斤含氯化錫若干斤計算。銻之度力以每百斤含硫化銻若干斤計算是也。至若金銀等鑛，則鑛石之成份，不以度力計，而以每噸合金銀若干安士計。積二萬九千一百六十六安士為一噸，如每噸合一安士，即二萬九千一百六十六份之一是也。金為貴重之品，鑛石內若合金半個安士以上，便稱真鑛。銀鑛則每噸須合十五安士以上，方可開採有利。但金銀鑛往往與銅鉛等礦並生，鎔煉銅鉛，則鑛石內所含金銀等質，盡被銅鉛收集。故銅鉛等礦，雖合金銀極微，亦可提煉有利。最低限度，每噸合金一便尼，即一安士之二十份一，合銀半安士，亦算入鑛砂鎔煉贏利內。其餘各鑛，所含金屬原質，俱以度力計。最低限度，須超過若干度力，方可提煉有利。銅鑛入爐，須有五度力以上，銻鑛須有十度力，鉛鑛須有二十度力，錫錫等鑛須有三十度力，鐵鑛須有五十度力，方便鎔煉。至於合金品較貧之鑛石，往往經選鑛法選淨，然後提煉。沖積鑛床，選鑛較易，每立方碼砂土，合金屬品如金錫銻錫等，值銀數角，便可施用水力開採。若為鑛床內之鑛石，則選鑛手續較繁，須經機器壓碎，然後淘洗，故每噸鑛石所含金屬原質，須值銀十元以上，方有開採價值。銅之鑛床，總平均須合銅二度力以上。銻之鑛床，須合銻千份之二以上。錫石鑛苗，須合錫半度力以上。錫鑛苗須含氯化錫百分之二以上，方可開採提煉也。至於鐵錳等鑛，價值甚廉，須有純淨之鑛床，毋須經選鑛手續者，方易獲利。如鑛量充足，開採容易，則所含成份若有百份之三十以上，亦可經電磁選鑛機及洗土機，使含鐵質有百份之五十以上以便鎔煉也。金銀等礦，價值雖高，然選鑛費用較昂，倘無銅鉛等質，可資鎔煉補助，則須經溫化等法之提煉，故每噸鑛石，須有十五元之價值以上，方能開採提煉而有利也。

## 鑛量之供給

設廠提煉之先，必須計及鑛石之供給，可敷本廠繼續提煉，至若干年限為度，而無間斷，然後着手，庶不致有中途停工之虞。大抵價值愈廉之鑛，則提煉之量愈多，方易獲利，而所需之設備，規模較大，費用較繁，故須有極大之鑛床，方可供給提煉而無間斷。中國最大之煉廠，首推瀋陽鐵廠，其所仰給之大冶鐵鑛，含量三十五兆噸。近年察哈爾新發現之龍關鐵鑛，含量四十九兆噸，宣化鐵鑛，含量十二兆噸，將來煉廠成立，可首屈一指也。蓋煉廠規模宏大，每日入爐鑛石，須有五百噸左右，方可繼續熔煉而無間斷也。至於銅鉛等鑛，則價值較高，熔煉規模亦可畧小。最低限度，每日入爐鑛石，須有二十噸。少乎此，則不易獲利。金銀等鑛煉廠，每日亦須有二十噸以上之鑛石供給。鉛錫之爐，每日至少須煉純錫一噸。鉛錫之爐，每日須煉錫數百斤。鉛錫之爐，每日亦須煉錫二三百斤，為最低限度也。



## 第二章 土質鑛床之鑛選

凡鑛物藏於砂土內，可直接用水淘洗而得淨鑛砂者，謂之土質鑛床。此種鑛床，分二類。一為沖積鑛床，凡由別處沖刮而來之鑛物，藏於溪流之下，或溪旁砂土之中，或古代河底，現今已變為沙稻桑田者，皆為沖積鑛床。如砂金砂鈾磁鐵錳鉍等，凡比重較大，體質較堅之礦，俱易留存於沖積鑛床。吾國黑省漠河，外蒙，川邊，新疆等處之金，滇桂之錫，贛粵之鈾錳鉍，近年出產頗盛，多屬沖積鑛床也。二為風化鑛床，母岩經空氣侵蝕，變為砂土，原有之礦物，藏於砂土內，不腐不去者，謂之風化鑛床。如廣東曲江之錳，藏於風化石灰岩中，石灰質已被水溶解，祇餘土層，而錳礦整塊或微粒尚留存於土內。又如雲南個舊之錫，俗所稱為草皮礦者，亦為已經風化而腐爛之石灰岩，剩有殘餘之紅土，內含錫石也。

土質鑛床之選鑛，以水量為第一問題。鑛山附近，如有充足之水源，可築為水塘，日則引以選鑛，夜則截留不用，如此則選鑛量大可增加也。如水源比較採鑛處為高，則可導水沖刮鑛床，使砂土隨水流去，可省搬運之勞，所餘鑛砂，因比重較大，自然留於溝底，不至被水沖去。其後可用木槽淘洗，便得淨鑛砂。此則採鑛及選鑛，同時並舉，工作費用極廉。吾粵近年所採錳鑛，多用此法，此亦水力採鑛之意也。真正之水力採鑛，原用水喉射擊。此則水源比較採鑛處，須高百尺左右，水力由高而下，蓄以水塘，運以水喉，由射管噴出，其力甚猛，可衝擊質土，可舉巨石，無需人力採掘。此項採鑛工程，極為宏偉，每日能洗去數十萬立方碼之砂土。美國從前採金，多用此法。但施用此法採鑛，祇限於水平面上之鑛床，遠在溪流之上，有尾閘可宣洩巨量之砂土者，方易舉行。若為水平面下之鑛床，則不能不借重人力及機器採掘，或用掘泥船撈洗也。然土質鑛床，無論用何法開採，所採出之巨量砂土，必須有充足水源，以資淘洗，方可得鑛。然則水量之多寡，實為選鑛第一問題也。

## 水量之測量

水量之多寡，因氣候之乾濕，流域之廣狹，地勢之高下而異。氣候濕之地，雨量多而水源大。氣候乾之地，雨量少而水源小。故在氣候乾燥之高原，卽有真鑛，亦不能週年開採，祇可擇夏秋之交，雨量多之時鑛也。雨量降後，其一部份從地面瀉下於溪流，其一部份滲入於地中，流貫各處隙孔，展轉而達於低窪之地。故在流域廣之處，承接之地面滲水多，而水源大。地勢低之處，地中泉水滙流衆，而水量亦多。是則流域廣狹，地勢高下，實爲水源之最關緊要者。大抵採鑛之地，多屬山嶺，地勢高而流域狹。甚難得充足之水量。如附近有偉大之山脈，則地勢雖高，而因佔地廣漠之故，水源必甚充足。可在半山築水塘，導以水溝，運以水喉，使之達採鑛之區域，如此則水量無虞缺乏也。嘗考美國之施用水力採鑛者，往往不惜百萬之巨資，以爲建築水塘佈置水溝水喉之用，其工程之偉大，有足驚人者。亦真由鑛床容量之豐富，有以償回此巨大之創辦費，而尙有大利可圖，有以致之也。若爲尋常之鑛山，未經充份探鑛，遽投巨資經營，亦非善法，但爲選鑛計劃起見，無論其爲土質鑛床，或爲石質鑛床，俱須用水洗去砂石，始得淨鑛。故水量實爲第一問題，而水量測量，實爲選鑛設備中首宜注意者也。

## 水量之計算

吾人曾於水力學中，見有下列之公式，爲計算水量者，

$$Q = Fv \quad (\text{公式一})$$

在此公式內， $Q$  爲水量，以每秒鐘若干立方尺計。 $F$  爲水道之橫截面積，以若干平方尺計。 $v$  爲水流速率，以每秒鐘若干尺計。設有溪流於此，若欲知其每秒鐘所放水量若干，則須先量水面下至溪流若干深，在水面上由此岸達彼岸若干闊，以深乘闊，便可得水道之橫截面積。但事實上不若是容易計算者，蓋溪底有凹凸參差之不

齊，故水深不能各處一律，而兩岸地勢欹斜，溪底質狹於溪面，故必先求溪水橫截面各部份之深度各若干，及兩岸至溪底之欹斜若干，始能得溪流之橫截面積也。

溪水之深度，可用測竿或測量錘測之。凡水深不及十五尺者。以測竿爲便，尺寸號碼，可刻於竿面，由下面而上，故一視竿面號碼，卽知該處之水深若干也。若溪深數十丈者，則以測量錘爲便。設有溪流於此，欲知其橫截面各部份之深度，須先由此岸達彼岸，牽一鋼索或麻索，成一直線，與岸邊成直角形。次沿此鋼索，離岸邊五尺或十尺，作一符號。如此，由此岸達彼岸，每隔五尺或十尺之距離，作一符號。次在每一符號處，用測竿或測量錘，測得該處之深度，乃照比例尺，繪於紙上。以兩岸距離之尺數作橫線以每處符號之深度尺數作直線。如此便得溪流之橫截面形。次用方格法，或用三角法，便可求得其面積矣。

溪流之速率，亦不一致。大抵溪旁慢而溪中速，近面速而近底慢。故又須於溪流橫截面中，在一符號處，求得由面至底之水流平均速率。次將各符號之平均速率加起，而總平均之，卽得溪流橫截面中，由此岸達彼岸之總平均速率也。依歐美各國河海測量之經驗，求得在水面下深十分之二處，水流最速，在水面下深十分之八處，水流最慢。設如在一符號處，水深十尺，則水面下二尺處，水流最速，水面下八尺處，水流最慢。如水深十五尺，則水面下三尺，水流最速，水面下十二尺，水流最慢。除可照此類推。故測量在一符號處之水流速率，祇在水深十分之二，及十分之八處，各測一次而平均之，便得該符號處之平均速率。測量水流速率，原有二法，一法用浮棍之漂流而觀其速率，一法用水表測量，兩法之中，自以水表爲準，此項量水流速率之水表，凡售測量儀器者，多有發售，價值由數十元至二三百元不等。凡測淺水之溪流，水表可繫於堅竿，其速率由水表內之齒輪直接登記，若爲水深之河流，則水表須以鋼索繫下，外附不透水之電線，其水流之速率，以每秒鐘旋轉若干次計，間接

# 第一 表

## DISCHARGE OF WATER THROUGH A RIGHT ANGLED V NOTCH

h Head Inches	Q Quant. Per Min. Cu. Ft.	h Head Inches	Q Quant. Per Min. Cu. Ft.	h Head Inches	Q Quant. Per Min. Cu. Ft.	h Head Inches	Q Quant. Per Min. Cu. Ft.	h Head Inches	Q Quant. Per Min. Cu. Ft.
1.05	0.3457	3.25	5.827	5.45	21.22	7.65	49.53	9.85	93.18
1.10	0.3884	3.30	6.054	5.50	21.71	7.70	50.34	9.90	94.37
1.15	0.4349	3.35	6.285	5.55	22.20	7.75	51.16	9.95	95.56
1.20	0.4827	3.40	6.523	5.60	22.70	7.80	51.99	10.00	96.77
1.25	0.5345	3.45	6.765	5.65	23.22	7.85	52.83	10.05	97.98
1.30	0.5896	3.50	7.012	5.70	23.74	7.90	53.67	10.10	99.20
1.35	0.6480	3.55	7.266	5.75	24.26	7.95	54.53	10.15	100.43
1.40	0.7096	3.60	7.524	5.80	24.79	8.00	55.39	10.20	101.67
1.45	0.7747	3.65	7.788	5.85	25.33	8.05	56.26	10.25	102.92
1.50	0.8432	3.70	8.058	5.90	25.87	8.10	57.14	10.30	104.18
1.55	0.9153	3.75	8.332	5.95	26.42	8.15	58.03	10.35	105.45
1.60	0.9909	3.80	8.613	6.00	26.98	8.20	58.92	10.40	106.73
1.65	1.0700	3.85	8.899	6.05	27.55	8.25	59.82	10.45	108.02
1.70	1.1530	3.90	9.191	6.10	28.12	8.30	60.73	10.50	109.31
1.75	1.2400	3.95	9.489	6.15	28.70	8.35	61.65	10.55	110.62
1.80	1.3300	4.00	9.792	6.20	29.28	8.40	62.58	10.60	111.94
1.85	1.4240	4.05	10.100	6.25	29.88	8.45	63.51	10.65	113.26
1.90	1.5220	4.10	10.410	6.30	30.48	8.50	64.45	10.70	114.60
1.95	1.6250	4.15	10.730	6.35	31.09	8.55	65.41	10.75	115.94
2.00	1.7310	4.20	11.060	6.40	31.71	8.60	66.37	10.80	117.29
2.05	1.8410	4.25	11.390	6.45	32.33	8.65	67.34	10.85	118.65
2.10	1.9550	4.30	11.730	6.50	32.96	8.70	68.32	10.90	120.02
2.15	2.0730	4.35	12.070	6.55	33.60	8.75	69.30	10.95	121.41
2.20	2.1950	4.40	12.420	6.60	34.24	8.80	70.30	11.00	122.81
2.25	2.3230	4.45	12.780	6.65	34.89	8.85	71.30	11.05	124.21
2.30	2.4550	4.50	13.140	6.70	35.56	8.90	72.31	11.10	125.61
2.35	2.5900	4.55	13.510	6.75	36.23	8.95	73.33	11.15	127.03
2.40	2.7300	4.60	13.890	6.80	36.90	9.00	74.36	11.20	128.45
2.45	2.8750	4.65	14.270	6.85	37.58	9.05	75.40	11.25	129.90
2.50	3.0240	4.70	14.650	6.90	38.27	9.10	76.44	11.30	131.35
2.55	3.1770	4.75	15.040	6.95	38.96	9.15	77.49	11.35	132.81
2.60	3.3350	4.80	15.440	7.00	39.67	9.20	78.55	11.40	134.27
2.65	3.4980	3.85	15.850	7.05	40.38	9.25	79.63	11.45	135.75
2.70	3.6660	4.90	16.260	7.10	41.10	9.30	80.71	11.50	137.23
2.75	3.8380	4.95	16.680	7.15	41.83	9.35	81.80	11.55	138.73
2.80	4.0140	5.00	17.110	7.20	42.56	9.40	82.90	11.60	140.23
2.85	4.1950	5.05	17.540	7.25	43.30	9.45	84.01	11.65	141.75
2.90	4.3820	5.10	17.970	7.30	44.06	9.50	85.12	11.70	143.26
2.95	4.5740	5.15	18.420	7.35	44.82	9.55	86.24	11.75	144.82
3.00	4.7700	5.20	18.870	7.40	45.58	9.60	87.37	11.80	146.36
3.05	4.9710	5.25	19.320	7.45	46.36	9.65	88.52	11.85	147.91
3.10	5.1780	5.30	19.790	7.50	47.14	9.70	89.67	11.90	149.48
3.15	5.3890	5.35	20.260	7.55	47.92	9.75	90.83	11.95	151.05
3.20	5.6050	5.40	20.730	7.60	48.72	9.80	92.00	12.00	152.64

1 cubic foot. Contains 7.48 U.S. Gallons: U.S. Gallon. Weighs 8.34 Pounds

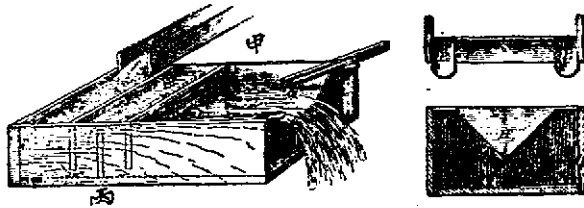
籍電力登記。各表之用法不同，買表時可向賣家索取用表指導書，自可明白用途。水表便利之點，因在任一符號之任何深度，皆能測得該處之水流速率。若浮棍則漂流不定，祇能測得漂流之大略速率，而極不準確也，用水表測得各處之速率總平均之，則得河流之真實平均速率。將此平均速率，每分鐘若干尺計，乘河流之橫截面積，若干平方尺，即得河流所放之水量，每分鐘若干立方尺也。

### 隄堰量水法

溪澗之中，水量不多者，可築隄橫截水路，使之流經一定之缺口，便可籍以量得所放之水量。缺口之格式有為V字形者，V字之兩邊相交成直角，名為直角V形缺口。

### V形缺口量水法

用此法量水，宜將全溪之水，導以木槽使之流入量水槽內。如第一圖，甲為量水槽，乙為熟鐵薄片，中央割成直角V形缺口，尖向

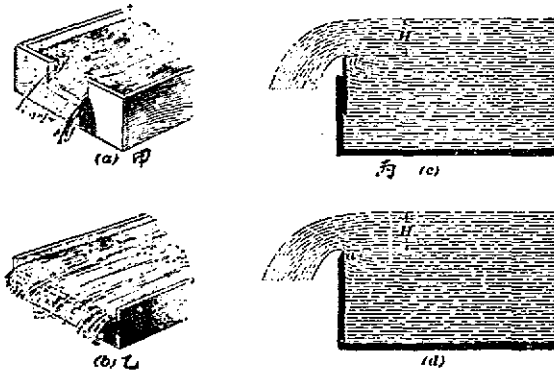


第一圖

下，底向上。兩邊與中垂線相交各成四十五度角，合為九十度角。缺口之邊須利，利邊向內，與水面相交成直角。在槽之頭段，配以隔板三件如丙。使水流循圖內箭矢所示之方向而行，以免水面有波浪起伏。水面離V字尖端之高為H，須在缺口上流至少尺半至二尺以外量之。既得H則放水量可照下列公式求之。

$$Q = .0051 \sqrt{H^3} \quad (\text{公式二})$$

式內 $Q$ 為水量以每秒鐘若干立方英尺計。 $H$ 為水高，以英寸計。第一表乃照此式計算，但將水量以六十乘之，為每分鐘若干立方英尺，若 $H$ 為已知，則所放水量可按表求之。堰口之格式，有為長方形者，名曰方形堰口量水法。方形堰口有二種。一為收束堰口，其堰口狹於水道本身，如第二圖甲，水流至堰口時，其底及兩旁皆收束。二為平濶堰口，如第二圖乙，其堰口與水道之濶相等，水流至堰口時，祇在底收束。



第 二 圖

堰口之邊，內面向水面處，須削利使水流經堰口時，僅與利邊相貼，庶可減少其磨擦力，此堰口宜以薄鐵片為之。堰口之兩旁及底，俱削成利邊。如第二圖丙，堰口之底邊須直而平。堰口之旁邊，與底邊相交直角。堰口內面向水處，須為平面，而與水面相交成直角。水流之高為水頭 $H$ ，乃水面至堰口底邊之高。量時須在堰口上游數尺以上，方不至為水面過堰口時曲落之轉面所影響。堰口底邊與水道之底，相距至少須三倍於水頭之高。如為收束堰口，則堰口之旁邊，與水道之兩岸距離，至少亦須三倍於水頭之高度。

## 第二表

### WEIR TABLE FROM $\frac{1}{16}$ INCH TO 25 INCHES DEPTH

Inches	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{15}{16}$
1	.006	.01	.03	.05	.07	.09	.11	.14	.17	.20	.23	.26	.30	.33	.36
2	.430	.47	.51	.55	.60	.65	.70	.74	.78	.83	.87	.93	.98	1.03	1.08
3	1.190	1.24	1.30	1.36	1.41	1.47	1.52	1.59	1.65	1.71	1.77	1.83	1.89	1.96	2.02
4	2.160	2.23	2.29	2.36	2.43	2.50	2.57	2.63	2.71	2.78	2.85	2.92	2.99	3.07	3.14
5	3.390	3.37	3.44	3.52	3.60	3.68	3.75	3.83	3.91	3.96	4.07	4.16	4.24	4.32	4.41
6	4.590	4.67	4.75	4.84	4.92	5.01	5.10	5.19	5.27	5.36	5.45	5.54	5.63	5.72	5.81
7	6.000	6.09	6.18	6.28	6.37	6.47	6.56	6.65	6.75	6.85	6.95	7.05	7.15	7.25	7.35
8	7.44	7.54	7.74	7.84	7.94	8.05	8.15	8.25	8.35	8.45	8.55	8.66	8.76	8.86	8.97
9	9.10	9.31	9.42	9.52	9.63	9.74	9.85	9.96	10.07	10.18	10.29	10.40	10.51	10.62	10.73
10	10.86	11.08	11.19	11.31	11.42	11.54	11.65	11.77	11.88	12.00	12.12	12.23	12.35	12.47	12.56
11	12.71	12.830	13.07	13.19	13.31	13.43	13.55	13.67	13.80	13.93	14.04	14.16	14.30	14.42	14.55
12	14.67	14.790	14.92	15.18	15.30	15.43	15.56	15.67	15.81	15.96	16.08	16.20	16.34	16.46	16.59
13	16.73	16.860	16.99	17.25	17.39	17.52	17.65	17.78	17.91	18.05	18.18	18.32	18.45	18.58	18.72
14	18.87	19.010	19.23	19.42	19.55	19.69	19.83	19.97	20.10	20.24	20.38	20.52	20.60	20.80	20.94
15	21.09	21.230	21.48	21.65	21.79	21.94	22.08	22.22	22.35	22.49	22.79	22.94	23.09	23.45	23.53
16	23.38	23.530	23.67	23.97	24.11	24.26	24.41	24.56	24.71	24.86	25.01	25.16	25.31	25.45	25.61
17	25.76	25.910	26.06	26.36	26.51	26.66	26.81	26.97	27.12	27.27	27.43	27.58	27.73	27.89	28.04
18	28.20	28.350	28.51	28.66	28.82	28.96	29.14	29.29	29.45	29.60	29.76	29.92	30.08	30.39	30.55
19	30.70	30.860	31.02	31.18	31.34	31.50	31.65	31.81	31.97	32.13	32.27	32.47	32.63	32.96	33.12
20	33.24	33.400	33.56	33.78	33.94	34.11	34.27	34.43	34.60	34.77	34.94	35.10	35.27	35.60	35.77
21	35.85	36.030	36.20	36.46	36.60	36.77	36.94	37.11	37.28	37.45	37.62	37.79	37.96	38.31	38.48
22	41.43	41.600	41.78	41.96	42.13	42.31	42.49	42.67	42.84	43.02	43.20	43.38	43.56	43.92	44.10
23	44.28	44.460	44.64	44.82	45.00	45.18	45.36	45.54	45.71	45.90	46.08	46.26	46.43	46.81	47.00
24	47.18	47.360	47.55	47.72	48.09	48.28	48.46	48.65	48.83	49.02	49.20	49.39	49.58	49.76	49.93

## 平板堰口量水法

第三圖所示，為一平板橫截於小溪之下游，板中留有堰口，以便



第 三 圖

測量水量。板底及板旁與溪底溪邊接合處，須用鞣土築固，以免疏漏，使全溪之水，盡流經堰口而出，堰口底邊之潤，須毋過溪潤三分之二。堰口旁邊之高，須高出水面數寸。堰口之邊及底，內向水面處，須削成利邊，此利邊潤八份英寸之一。此板築妥之後，乃在堰口上游六尺處釘一木椿，使椿頭與堰口之底邊平高。釘時須俟溪水恰漲至與堰口底邊平高時，即將椿頭釘下，使椿頭與水面平，則此椿頭便與堰口之底邊平高矣。次俟溪水漲過堰口底邊，水從堰口噴出後，再經若干時刻，俟水面達最高之點，不能再漲時，則以曲尺平置於椿頭而量其與水面距離之高度，即為水面離堰口底邊之高度  $H$  矣。堰口下游之水面，比較堰口須低十英寸以外，使水流可自由瀉下。

既得高度  $H$ ，可查第二表而得其每分鐘所放之水量。此表所示，



乃以堰口每寸濶所放之水量計。水高  $H$ ，乃以英寸計。表內首行直行所列爲水高若干英寸。首行橫行所列，爲水高英寸若干份之幾。其下爲水量，以每分鐘若干立方英尺計。設如堰口之濶爲三十英寸，水高  $H$  爲四英寸半，則在首行直行尋得 4 字，次沿此橫行在 1.2 英寸之下，尋得 3.83 爲堰口每英寸濶所放之水量以三十乘 3.83，得 114.90 立方英尺，爲全堰口每分鐘所放之水量。

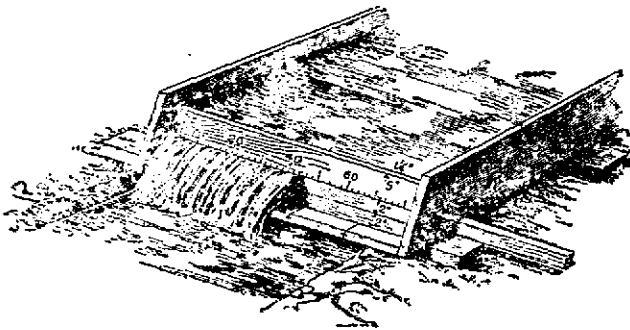
第二表之計算。可照下公式計之，

$$Q = 4\sqrt{H^3} \quad (\text{公式三})$$

式內  $Q$  爲堰口每英寸濶，每分鐘所放之水量，若干立方英尺。此堰口之收束面積，佔平濶面積百份之六十二， $H$  爲水面距離堰口堰邊之高度，以英寸計。

### 鑛工寸量水法

從前美國加利克尼亞省開採金砂鑛時，所用水量極多。有一種公司專售水於採鑛公司，其量水法不以立方尺計，而以該處鑛工習慣上所規定之水量計，名爲鑛工寸。其後加利克尼亞省立法局。規定一鑛工寸等於每分鐘一立方英尺半，而每一立方英尺，實等於 7.48 美國加倫。鑛工寸之量水法，乃用一木槽，如第四圖，水由狹長之堰口



第 四 圖

放出。此堰口高二英寸。口有橫木門，可以開閉。堰口之上邊，爲一橫木，高五英寸。堰之下與槽底相接應處，亦爲一橫木，高二英寸。上下橫木及木門，俱厚一英寸二分。上橫木之外面，刻有英寸號碼，水量時將木門抽開，各槽內之水，適與上橫木之上邊平。如此則水面離堰口之中央，適爲六英寸。堰口所開之潤若干英寸，可在上橫木外面所刻之英寸讀之。以此寸數乘堰口二英寸高，得若干平方英寸，卽爲若干鎊工寸之水量。

### 水塘之設備

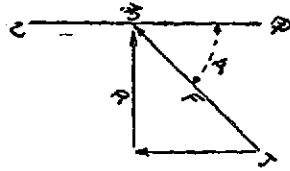
水量之多寡，既如上法測量可以供給選鑛。其第二步辦法，卽爲建築水塘。水塘之地點，須高於選鑛之地點。並須能收集各處支流之水，愈多愈善。水塘底下之母岩，須爲不滲水之岩石，如黏土頁岩、花崗岩等。如爲砂岩或石灰岩，則有漏水之虞。水塘上游之區，宜爲森林茂盛之區，如此則可含蓄水量，年內雨霽調勻，不至有旱荒之虞。大山脈之頂，雨量恆多於山下，山嶺向東南之處，濕風吹來，雨量較多。如山頂有積雪，則春夏之交，水量必大，自可供給選鑛或水力發電之用。

水塘之大小，須依下雨之頻數，以爲規定。如其地雨澤調勻，所謂五風十雨之區，則水塘能截旬日之水，便可得繼續之供給。如其地數月始一雨，或爲積雪之區，春夏始有流水者，則水塘容積須大，俾所儲之水，可供數月之用，然水塘過大，則建築費用浩繁，若在空氣乾燥之區，往往不能週年選鑛，祇可冬天採鑛，積存鑛石，俟夏天水多，方能選鑛也。大抵嶺山水塘，往往屬於臨時建築，以能截旬日之水，便稱完善，若爲山嶺區域，地勢欹斜太甚，一水塘不能儲蓄多量之水。則宜建築分水塘多處。用水可使滙流於最低之水塘，然後引導於選鑛地點也。水塘之面積，宜預爲測量。水塘每尺深所儲之水量，宜預爲測算，列於表內，以便隨時可知水塘內尙存水量若干。

## 隄堰之建築

隄堰者，所以攔阻流水，使之儲蓄於水塘內者也。建築隄堰之處，其地基最關重要，地基宜為堅實之岩石不滲水者。如為散石之地基，則宜多打木樁，以免地基移動。至於鬆沙與散石混和之溪底，或泥土草皮之地面，決不能作堅固之地基。宜將沙土除去，至溪底母岩，方可在其上築隄。如隄底有時泉湧出，必須跟尋其來源，使此暗泉在隄堰之上游放出，不致流經隄底，成為隙孔損壞隄基也。

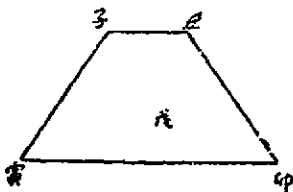
隄堰之方向，宜與水流方向斜交成為斜角，則所受之流水動力可大為減小。如第五圖，甲乙為隄堰方向，丙丁為水流方向，A為隄堰方向與水流方向相交之角。假令水流之原動力為F，隄堰所受之真動力為R。照力學公式。



第五圖

$$R = F \sin A \quad (\text{公式四})$$

A之角度愈小，則堰所受之真動力愈小。倘此隄堰方向與水流方向相交成直角，則  $\sin 90^\circ = 1$   $R = F$  而所受之動力乃至大。故隄線寧可延長而增加建築材料，決不宜減短，而與兩岸相交成直角也。中國鄉間所建築之陂塘，用以灌田或設水碓者，其建築材料，祇以散石砌成。而隄線恆與溪流兩岸成極銳之斜角。故雖遇溪水泛濫，



第六圖

而隄堰亦不致衝崩，然則鄉人經驗，實有合於力學公例也。隄堰之橫截面，其底邊宜較上邊為濶，則重心之位置在下，而隄堰為穩定體。如第六圖子寅卯為隄堰之橫截面。子丑為上邊，寅卯為底邊。其重心戊在下，故隄堰穩定。

## 水唇之構造

水塘之容積，無論若何巨大，一遇大雨之後，塘水必至泛濫，溢出隄堰之外，由高而下，撞擊之力甚大。倘在其撞擊隄基處旁之地，必至撞成巨穴，而隄基亦從而傾陷。故必須設法減其勢力，使水流由漸而下方不致撞壞隄底。其法於隄基之外面，護以小隄數重，由高而低，以至於下游之溪面。小隄之間，砌以散石，石宜企堅，尖端向下，砌時以槌搗之使低，則散石互相逼緊而堅固。此項從漸欹斜之石面，名爲水唇。如木材易得之地，亦有將圓木或方木，縱橫連接成井字形方架，由高而低，其上面釘以木板，如屋脊形，以作水唇亦有於隄基之外，築一低隄，成一較小之水塘。使由高隄瀉下之水，撞擊於小塘之水面。以水爲軟墊，不致與隄底地面相撞者，此亦水唇之變通辦法也。

## 築隄材料

明乎以上四義，(一)地基宜堅固。(二)隄線與水道方向斜交。(三)隄底宜潤於隄面。(四)水唇宜設備以緩水勢。如此則築隄之要點已得大半矣。至若建築材料，宜就地取材，以易取而價廉，且可敷建設全隄之用爲主。上等材料如三和土及整塊磚石等，工程雖甚穩固，但費用甚昂，祇可適用於永久之建築，如供給城市食水，灌溉田畝，或藉水力發電等。若爲礫山之水塘，俱屬臨時建造，且離城市遠，土敏土等材料運費太昂，難以採用，故祇可用散石及木材建築。如林木稀少之地，祇可用散石建築。大抵高不及八尺之隄，則用散石建造，已可臻穩固。若爲數丈高之隄堰，則須以木材助築，方能抵禦巨量之水力也。

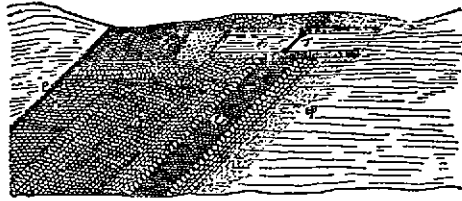
## 散石築隄法

用散石築隄，宜先擇堅固之地基，爲隄堰所經之線，未築隄基，

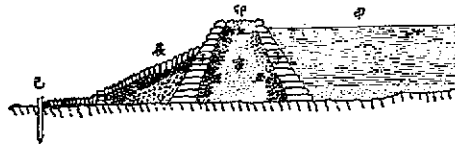
先築堰口。將溪水改歸一邊，在無水之邊，用三和土築一堰口，底旁俱厚一尺，堰口之旁牆高與築成之隄齊，堰口之底潤與隄之橫截面等。堰口之間爲放水閘門。門底及兩旁爲堅木方條，藏於三和土中，外面留有溝槽，沿此溝槽，閘門可抽上抽下。閘門爲松板製成，邊底宜刨滑，俾與溝槽適合，以便抽放。堰口築成之後，歷三四天，三和土堅固，可從事於築隄基。築隄時，先將閘門放開，使水流可從閘門通過，不至隨隄基漲高，流過隄面，有礙建築工作也。築隄法，先沿隄線豎巨石兩行，石之長面與水流方向平行，如此則受水之動力小，貼地之磨擦力大，而不致爲水衝去也。此兩行石基相離之潤至少須倍於隄堰之高，如此則隄底潤而穩定。兩基之間，貼石基處各填碎石兩行，堵塞基中之孔隙，碎石兩行之內，是爲隄心，宜填以不透水之礮土，以木杵舂固，則全基爲不透水之隄堰。如此築隄基一層，約高尺餘潤丈餘。再在此層之上，如法砌石基兩行，襯以碎石，填以礮土，但潤度比下層收縮，兩邊各縮入七八寸。如此重重築上，可築至七八尺高。隄底潤丈餘；隄面潤五六尺，重心在下面穩定矣。隄面礮土之上，砌以石塊一層，掩護礮土，不至爲水沖去。石宜全堅，互相道緊，則不至爲大水刮去。隄堰築成之後，其外宜依上文所言，護以水唇方免大水撞擊隄底之患。至於堰口之外，地勢比水唇爲低，受水力最大，宜砌以巨石，用土敏土沙黏面。製土敏土法，以一份土敏土和三份細沙，和水用之。砌時宜將閘門緊閉，使溪水不致流經堰口，約二十四小時之久，則土敏土堅固。如閘旁漏水可用礮土封固，使滴水不流也。遇晴天時，水塘上滲之水，約需一晝夜，方溢過隄面，儘有時日，可從事於閘口外之建築。但妨溢水時，可在隄堰之兩端放水，則不致沖壞堰口外之土敏土也。堰口外之石處溝槽，照此法砌成，宜延長三丈以外，方不致爲大水沖壞而影響隄基也。隄堰照此法建築可經大水而不壞。但遇大雨時，宜將閘門全放，以減小隄堰所受之大水勢力，可免閘門爲大水撞壞也。

第七圖所示爲散石築成之隄堰平面圖。甲爲水塘，乙爲隄堰，與

兩岸相交成斜角。丙爲三和土堰口，丁爲閘門，戊爲水唇。己爲石底溝槽。第八圖所示，爲堰橫截面圖。子爲石基。丑爲碎石。寅爲礫土。卯爲隄面石層。辰爲水唇。巳爲松木椿。



第 七 圖

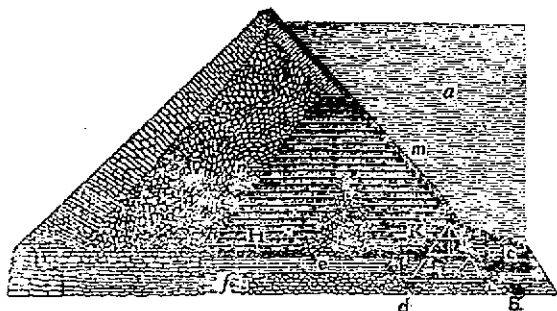


第 八 圖

### 木 格 築 隄 法

森林茂盛之區，材木易得，可擇樹木之直而長者，削去樹皮，橫截溪流之底。離此木約八尺遠，復橫置一木。兩木之間，以八尺長之木置於其上，兩頭以巨釘聯貫於底下之長木，如此則成爲一卍字形方格。此方格之上，復橫置兩長木，但此兩木距離稍近，約爲七尺，其上再以七尺長之木聯貫之，此項方格，層疊積上，互相聯貫，兩長木距離，由濶而狹。如此成爲一塔形之橫截面，底濶上狹。在最低之木格上，可置一六寸徑以至一尺徑之鐵喉，上頭通至水塘之底，下頭伸出於隄堰之外，喉之大小，因水量之多寡而定。喉口有掣可開合，以爲放水之用。次將木格向水塘之面，以木板密排之，使不漏水。祇留喉頭出水之孔，以資放水。木板之邊底與兩岸及溪底相接處，

宜將板伸入於岸邊及溪底下尺餘，而以卵石築圍其接縫，使不洩水。木格之中央，可填以散石，使全格藉散石之重量而穩定。木格之外邊，可護以石塊。其外宜砌石唇。依此法建築之隄堰，極為鞏固。如隄堰高數丈，則隄底可設木格兩行，其上聯成一行，成 A 字形格式。如第九圖 H K 為底下木格兩行，L 為頂上木格一行，從漸收束成 A



第 九 圖

字形。M 為不洩水之木板，n 為木格外圍護石。b 為鐵水喉，c 為護架及沙漏，d 為水喉，e 為暗渠，f 為水槽，導水於選鑄處，此為美國加利寬尼亞省塞文水塘，木格高七十二英尺。其後再用石砌，高至一百英尺。

## 水溝之設備

由水塘導水至鑛山，恆藉水溝以為引導。水溝導水之多少，視乎水溝之大小，斜勢之急緩。全樣之水溝，以斜勢急者導水為多。欲求水溝導水之量，宜照下列公式，先求得水流之平均速率。再以速率乘水溝之橫截面積，即得水量。

$$V = \sqrt{\frac{a \times f \times 8975}{w}} \dots 1089 \quad (\text{公式五})$$

在此公式內，V 為水流平均速率，以每秒鐘若干英尺計。a 為水溝





## 第 四 表

SHOWING FLOW OF WATER IN OPEN CHANNELS WHEN THE BASE IS TO PERPENDICULAR OF THE SIDE SLOPES AS 2 IS TO 1

Fall Per Mile	Fall Per Rod	T 6 Ft. B 2 Ft. D 1 Ft. Section 4	T 9.0 Ft. B 3.0 Ft. D 1.5 Ft. Section 9	T 12 Ft. B 4 Ft. D 2 Ft. Section 16	T 16.0 Ft. B 6.0 Ft. D 2.5 Ft. Section 27.5	T 22 Ft. B 10 Ft. D 3 Ft. Section 48	T 28 Ft. B 12 Ft. D 4 Ft. Section 80	T 40 Ft. B 20 Ft. D 5 Ft. Section 150
.5	.018750	1.27	3.85	8.63	18.11	8.79	78.2	188.1
.6667	.025000	1.46	4.44	9.96	20.91	44.79	90.3	217.2
.8333	.031250	1.63	4.96	11.14	23.38	50.08	101.0	242.8
1.0000	.037500	1.79	5.44	12.20	25.61	54.86	110.6	266.0
1.2500	.046875	2.00	6.08	13.64	28.68	61.32	123.7	297.4
1.5000	.056250	2.19	6.67	14.96	31.34	67.26	135.7	326.1
1.7500	.065625	2.37	7.19	16.14	33.88	72.57	146.4	351.3
2.0000	.075000	2.53	7.69	17.26	36.22	77.58	156.5	376.1
2.2500	.084375	2.68	8.16	18.30	38.42	82.29	165.9	399.0
2.5000	.093750	2.83	8.60	19.29	40.50	86.72	174.9	420.6
3.0000	.112500	3.10	9.42	21.14	44.36	95.00	191.6	460.7
3.5000	.131250	3.35	10.17	22.83	47.91	102.60	207.0	497.6
4.0000	.150000	3.58	10.87	24.41	51.22	106.70	221.3	531.9
4.5000	.168750	3.79	11.54	25.83	54.33	116.30	234.7	564.2
5.0000	.187500	4.00	12.16	27.29	57.27	122.70	247.4	594.8
6.0000	.225000	4.38	13.31	29.89	62.74	134.40	271.0	651.5
7.0000	.262500	4.73	14.39	32.29	67.79	145.10	292.7	703.6
8.0000	.300000	5.06	15.38	34.52	72.43	155.20	312.9	752.2
9.0000	.337500	5.37	16.31	36.61	76.83	164.60	331.9	797.9
10.0000	.375000	5.66	17.19	38.59	80.99	173.50	349.9	841.1
11.0000	.412500	5.93	18.03	40.47	84.94	181.90	366.9	882.1
12.0000	.450000	6.20	18.74	42.27	88.72	190.10	383.2	921.5

之橫截面積，以若干平方英尺計。 $f$  為斜勢，以每英尺低下若干英尺計。 $w$  為水沒週邊，即溝底及兩邊溝旁加起之長度，亦以英尺計。

設如水溝之橫截面為正方形，闊十英尺，深三英尺半，由頭至尾，斜勢相同。共長四百九十二英尺。頭尾相差 0.246 英尺。試求水流平均速率及導水之量。

$$\begin{aligned} \text{先求得} \quad a &= 10 \times 3.5 = 35 \text{ 平方英尺} & f &= \frac{.246}{492} = .0005 \text{ 英尺} \\ w &= 10 + 2(3.5) = 17 \text{ 英尺} \end{aligned}$$

$$\text{次求得} \quad V = \sqrt{\frac{35 \times .0005 \times 8975}{17}} = .1089 = 2.9258 \text{ 英尺 (每秒鐘計)}$$

為水流之平均速率。次求得  $Q = 2.9258 \times 35 = 102.403$  立方英尺 (每秒鐘計) 為水溝所引導之水量。

尋常水溝之截面，決不能作正方形。因水溝流經土質之地，兩旁必須欲斜方免溝旁之土落下。其旁邊欲斜之角度宜為六十度角。而水溝之橫截面，畧為半邊六角形。

第三表及第四表所列，為面闊底狹之水溝，所引導之水量。直行第一行為斜勢。以每英里(等於 5280 英尺)低若干英尺計。第二行亦為斜勢，以每英尺(等於  $16\frac{1}{2}$  英尺，又等於每英里之三百二十份之一)低若干英寸計。橫行首行為水溝面底各闊若干，深若干，俱以英尺計。其下為水量，以每秒鐘若干立方英尺計。

設有水溝於此，既知溝長若干英里，頭尾高度相差若干英尺，如欲此水溝能引導所需之水量，則可照第三或第四表求得此水溝之深闊。設有水溝共長二十英里，頭尾相差之高度共為四十英尺，欲令此水溝每秒鐘能引導十二立方英尺之水量，求此水溝之深闊應若干。

求法以二十英里除四十英尺，得二英尺，為每英里低下之斜勢。在第三表首行斜勢下得 2 字為每英里二尺之斜勢。次沿此橫行查得 12.80 為所欲引之水量，再查其上所列之水溝截面，為面闊 6 英尺 6，底闊三英尺，深 2 英尺 4 為此水溝應有之深闊。

## 溝水之蒸化及滲漏

溝頭所受之水量與溝尾所放之水量，往往相差極遠者，此則溝道延長，其中蒸化與滲漏，實所難免也。蒸化之量，與水面之廣狹成正比例。長而淺之溝道，蒸化較多。暖而乾之氣候，蒸化較大，夏天比冬天蒸化為多，但夏天多雨，故蒸化亦無關緊要。惟滲漏之量，比較蒸化為更大，宜設法預防。若流經之地有隙孔，宜以礮土填密。若為砂質之地，宜於兩旁及底蓋以寸餘厚之土或土沙。但斜勢稍緩之地，流水所挾之泥土，往往停留於隙孔，經流既久，可使溝之底旁不漏。水溝蒸化及滲漏之量，難以式計，祇可實地測驗。測法注水流滿此溝，量其立方尺數。次將水之來源及去路截阻。再經若干時之久，全溝之水涸竭，則可知此溝之蒸化及滲漏若干。次以秒數除水量涸去之立方尺數，即知此溝每秒鐘蒸化及滲漏若干也。

## 水溝測量

水溝頭尾高度之相差，可用氣壓表量之。次求水溝所經之路線，以經由何處為易施工程。可攜氣壓表沿此路線一行，而畧知其各處之高度，路線既定之後，宜實地測量，規定溝之各段，其斜勢各若干。大抵易施鑿掘之土，溝可闊而斜勢可緩。若為石質，則開鑿維艱，溝宜狹而斜勢宜急。溝狹則可省工作，斜勢急則可引導同等之水量。故在山嶺之區，水溝之斜勢每英里低二十尺者，亦屬常事。各段斜勢既規定之後，其相差之總高度，應不出溝頭溝尾所差之高度為限。各段之溝線及斜勢如何，宜以標誌記之，此標誌須堅立於溝旁近高地之一邊，以免掘溝時掘去。水溝路線所經由之處，有時必須藉吊槽或水喉以為接駁者。亦有宜穿山鑿洞以省紆繞山旁之遠者。測量時皆須預定，誌於圖中。至於溝線所經之岩石土質如何，亦應研究，然後施設工程，庶可措置裕如也。

## 水溝之開鑿

溝線既定之後，可分段興工，以數人爲一隊，從事開鑿。土溝之淺者，可用二人爲一隊，一人掘溝，一人鑿土，此土可棄置於溝旁，日久堅實，可旁設溝岸。每隊每日工作能掘溝十丈以至三十丈，視乎土質之堅鬆，水溝之大小而異。溝深過三四尺者，宜用三人爲一隊，一人掘土，一人耙土入箕，一人在溝面棄去箕內之土。若爲石質之溝，可施槌鑿者，則以七分徑之六厘鋼作尖鑿，約長一尺，用六磅鋼錘擊之。左手持鑿，右手持錘，每人每日工作，可鑿石十餘立方尺以至三四立方尺，亦視乎石質之堅鬆而異。若爲堅硬之岩石，未經風化者，鑿之不入，則以藥爆炸之。藥用火藥或舶來石炮俱可。鑿石法宜用一六分六厘鋼，截作尺半長造鑿，鑿口打扁，約闊八分，口旁宜起麻角，則石易碎。鑿石孔時，先用尖鑿鑿一孔位，乃以扁鑿依孔位鑿之。鑿口斜向石面，約與石面相交成四十五度角，一手持鑿，一手持六磅錘擊鑿頭。將鑿口頻頻轉動，則所鑿之石孔圓，而不至三角。三角之孔，鑿之轉動甚難，初學鑿石者，往往有此弊。但練習數日，自能免此。俟石孔鑿深數寸，則注水入孔，將鑿頭插入孔內，抽上抽下，則孔內石碎可汲淨。次再將石孔鑿深至一尺爲度，乃將孔內石碎汲淨。用布捲拭乾孔內之水，然後裝藥。裝火藥法，可用火藥一兩五錢，注入於孔底。次用一光滑之二分徑鐵線插入孔底。然後用乾土注入此孔。以堅木棍插入孔內，一頭用錘擊之，則孔內之土堅實。再用土注入，如法錘擊，俟封滿此孔爲度。乃將鐵線徐徐抽出，則土內留有小孔，直透於石孔底之火藥。乃以火藥粉注入於小孔內，以鐵線推入之，後滿。然後以紙條作引，插入小孔內。此紙引之長，宜能燃燒數分鐘久，以便燃後，人可遠避。大抵地面之岩石，用火藥爆炸，已大有効力，以其四面空動，不若石洞內岩石四面逼緊也。但有水之處，則宜用石炮及防水藥引。此項石炮藥引，中國南方之發售者惟渣甸洋行。需用時可從政府領照往購也。用藥爆炸之溝旁溝

底，恆有裂孔，宜用土封密，使不漏水。

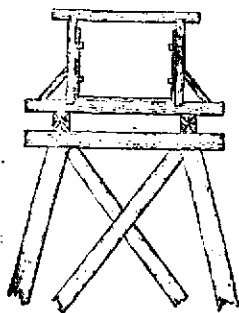
水溝路線由此山達彼山，必須經由兩山所夾之谷底。此谷底遇大雨後，聚水必多，往往衝壞溝岸。宜設法宣洩，使向外流，方可保全溝線。其法於溝底別藏一橫溝，此橫溝可用瓦水喉，或三合土喉，或松木板作四方筒俱可。喉之一端，伸入于谷底，外端透出于溝線外，如第十圖，甲乙為兩山頂，丙丁戊為溝線，己為溝線下之橫溝用以透出谷底之水。



第十圖

### 吊槽之建設

吊槽之費用浩繁，往往不得已而用之，如懸崖峭壁之旁，無路可通水溝者。或兩山之間，水溝不能繞山而過，須直接用吊槽，由此山達彼山者。或地勢中低，難於築高者。吊槽之面積宜小，可省建造材料。其斜勢宜急，則可引導同等之水量。吊槽之斜勢，每英里低三四十尺者亦屬常見。槽身以一寸半厚之木板為之，各長十二尺至十六尺。尾稍狹，以便套入於別槽內。連接處可用麻包襯密，並用鞞土或



第十一圖

土攸土沙封密接縫後，以木螺釘聯貫之。槽底以木柱作架，使高出于地面。如第十一圖，此架有高數丈者，則構造宜穩固。木架之兩旁，三丈內，所有草木，宜一切剷除，以免火災。若為懸崖之旁，離地太高，不能支以木架者，可在崖面作孔石各深五六寸，鑲入鐵架鐵鏈等。如第十二圖，甲為鐵架，用丁字鐵屈作L形，其一頭插入于岩石之孔內，其上頭連接

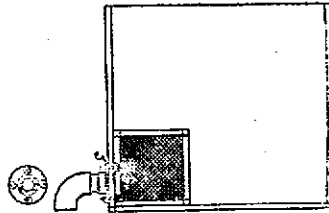
於圓鐵枝乙。此鐵枝之上端復聯接於插入岩石之鐵鈎內。



第 十 二 圖

### 水 喉 之 設 備

水溝導水至鑛場之山頂，宜設一小塘，以接受此水，使所挾泥沙，藉此停留。然後用水喉導至用水處，則喉內不至為泥沙所塞。此小塘或用三合土築成，或用木板製造俱可。水喉與小塘接口處，宜護以木架，架面蓋以亞鉛鐵箔。舖之面積，比較水喉之橫截面積宜大十倍以上。如第十三圖，則萍藜草木之屬不至蓋塞縮眼，有礙水入喉內之路也。水喉與水塘木板接口處，宜用鐵片及螺絲相連，墊以牛皮或鞣紙皮，如第十圖乙，則不至漏水。



第 十 三 圖

### 水 喉 導 水 之 量

水入喉後，其力量可分為三部份，(一)為水之速率，(二)為水入喉口時之阻力，(三)為水在喉內之磨擦力。若為長喉，則喉內磨擦力甚大，欲勝此磨擦力使一定之水量流通，須有加高之水頭，專用

以勝此磨擦力者，此水頭名爲導水之水頭，又名爲磨擦水頭。水喉愈大，則磨擦力小而失去之水頭亦小。水喉愈小，則磨擦力大而失去之水頭亦大，第五表爲水喉導水之量，第一第二行爲水喉之斜勢，以每英里若干英尺及每英寸若干英寸計。第一橫行爲水喉之內徑，以英寸計，其下爲所導之水量，以每秒鐘若干立方英尺計。

第五表所估計之導水速率，以每秒鐘毋過 13.445 英尺計。蓋水在喉內，速率宜小不宜大，若速率大則磨擦力亦愈大，而水頭失去愈多也。表中所列水量，以喉內光滑不阻水流爲率。若喉內有銹，則導水之量祇得八成八。如積銹太多，凹凸不平，則導水之量祇得七成七。至於水入喉口時，失去之力量，亦因接口之形狀而異，如爲鐘形接口，其接口處大於水喉本身，如鐘狀者，則導水量祇得九成。如爲平接口，而喉口之邊沿爲方邊者，則導水量祇得八成三六。如水喉突入塘內而口沿爲方邊者，則僅得七成三四。水入喉後除去一部份之水頭，用以勝任喉口阻力及喉內磨擦力外，所餘水頭，方爲水由噴管射出時之有效力水頭，設有水喉長一英里，喉口入水處高於噴水處 95.04 英尺。喉口與水塘接合處爲鐘形接口。此喉內面光滑，內徑二十七英寸。若此喉每秒鐘導水十九立方英尺，則此水由噴管射出時，實得有效力之水頭若干。

求法將十九立方英尺以九除之得 2.11 立方英尺，爲水入鐘形接口所失去之力量，以之加入十九立方英尺得 21.11 立方英尺爲此喉所應容納之導水量。次在第五表 27 英寸下查得 21.13，爲與此數目相近。次沿此橫行尋至第一行直行，得 18.48 英尺，爲導水之水頭。用以勝任接口阻力及喉內磨擦力者。次於 95.04 英尺之原有水頭，除去 18.48 英尺，得 76.56 英尺爲水出噴管時之有效力水頭。

### 水出噴管之馬力

水出噴管時，其有效力之水頭，既依上法計算而得。則水出噴管之速率水量及其馬力，皆可照力學公式計之。計速率法，照下列公

## 第 五 表 (1)

FLOW OF WATER PER SECOND THROUGH CLEAN IRON PIPES

Fall Per Mile Feet	Fall Per Rod.		DIAMETERS					
	Ft.	In.	$\frac{3}{4}$ -Inch Cu. Ft.	$\frac{1}{2}$ -Inch Cu. Ft.	1-Inch Cu. Ft.	$1\frac{1}{2}$ -Inch Cu. Ft.	$1\frac{3}{4}$ -Inch Cu. Ft.	2-Inch Cu. Ft.
21.12		.792						.02584
26.40		.990					.02014	.02924
31.68		1.188				.01460	.02270	.03274
36.96		1.396				.01583	.02426	.03492
42.24		1.584			.00567	.01707	.02638	.03776
47.52		1.782			.00617	.01816	.02838	.04081
52.80		1.980		.00316	.00677	.01963	.02988	.04321
63.36		2.376	.00122	.00350	.00781	.02123	.03260	.04843
73.92		2.772	.00124	.00377	.00841	.02282	.03556	.05150
84.48		3.168	.00135	.00411	.00886	.02466	.03706	.05456
95.04		3.564	.00143	.00445	.00961	.02577	.03923	.05740
105.60		3.960	.00150	.00466	.00990	.02793	.04224	.06111
158.40		5.940	.00197	.00589	.01245	.03458	.05175	.07399
211.20		7.920	.00241	.00705	.01492	.04132	.06167	.08734
264.00		9.900	.00279	.00798	.01666	.04577	.07145	.10950
316.80		11.880	.00315	.00874	.01857	.05043	.07830	.12000
369.60	1	1.860	.00340	.00951	.01988	.05424	.08381	.12880
422.40	1	3.840	.00366	.01012	.02141	.05804	.08949	.13750
475.20	1	5.820	.00389	.01086	.02283	.06191	.09400	.14420
528.00	1	7.800	.00410	.01144	.02424	.06724	.10030	.15230
633.00	1	11.760	.00453	.01282	.02676	.07400	.11100	.16340
739.20	2	3.720	.00473	.01380	.02890	.08020	.12000	.17480
844.00	2	7.680	.00524	.01480	.03081	.08622	.12850	.18550
950.40	2	11.640	.00559	.01567	.03276	.09225	.13720	.19550
1,056.00	3	3.600	.00589	.01656	.03458	.09692	.14500	.20470
1,320.00	4	1.500	.00660	.01871	.03897	.10790	.16170	.22760
1,584.00	4	11.400	.00732	.02064	.04316	.11870	.17730	.22830
2,112.00	6	7.200	.00855	.02390	.04987	.13800	.20500	.38330
2,640.00	8	3.000	.00966	.02705		.15600		
3,168.00	9	10.800	.01065	.03003	.06320			
3,696.00	11	6.600	.01156	.03301	.06943			
4,224.00	13	2.400	.01248	.03572				
4,752.00	14	10.200	.01338	.03886				
5,280.00	16	5.000	.01419					



## 第 五 表 (2)

FLOW OF WATER PER SECOND THROUGH CLEAN IRON PIPES.

Fall Per Mile Feet	Fall Per Rod. Ft. In.	DIAMETERS						
		3-Inch Cu. Ft.	4-Inch Cu. Ft.	6-Inch Cu. Ft.	8-Inch Cu. Ft.	10-Inch Cu. Ft.	11-Inch Cu. Ft.	12-Inch Cu. Ft.
5.280	.198							1.265
6.336	.238					.878	1.120	1.402
7.392	.277					.960	1.221	1.489
8.448	.317				.573	1.047	1.320	1.634
9.504	.356				.611	1.110	1.394	1.728
10.560	.396			.298	.639	1.194	1.490	1.826
11.616	.436			.314	.659	1.265	1.580	1.940
12.672	.475			.330	.703	1.325	1.653	2.026
13.728	.515		.1235	.346	.737	1.377	1.722	2.117
14.784	.554		.1298	.359	.768	1.423	1.788	2.207
15.840	.594	.0630	.1335	.377	.808	1.470	1.854	2.297
18.480	.684	.0692	.1465	.395	.876	1.587	1.996	2.466
21.120	.792	.0749	.1562	.444	.931	1.683	2.136	2.662
26.400	.990	.0839	.1771	.496	1.045	1.865	2.397	2.020
31.680	1.188	.0915	.1923	.548	1.175	2.059	2.636	3.310
36.960	1.386	.0992	.2146	.589	1.262	2.222	2.858	3.601
42.240	1.584	.1660	.2339	.631	1.344	2.383	3.062	3.856
47.520	1.782	.1119	.2460	.672	1.424	2.514	3.232	3.072
52.800	1.980	.1190	.2582	.721	1.496	2.662	3.419	4.305
63.360	2.376	.1313	.2893	.784	1.644	2.932	3.760	4.728
73.920	2.772	.1413	.3036	.858	1.782	3.210	4.016	5.094
81.480	3.168	.1507	.3237	.922	1.916	2.450	4.390	5.482
95.040	3.564	.1590	.3412	.975	2.033	3.679	4.679	5.889
105.600	3.960	.1717	.3607	1.022	2.155	3.856	5.251	6.160
158.400	5.940	.2081	.4503	1.263	2.667	4.762	6.086	7.630
211.200	7.920	.2469	.5331	1.484	3.145	5.508	7.022	8.860
264.000	9.900	.2785	.5954	1.665	3.513	6.704	8.244	9.967
316.800	11.880	.3049	.6390	1.929	3.847			
369.000	1	1.860	.3331	.6967	1.976	4.196		
422.400	1	3.840	.3559	.7506	2.144			
475.200	1	5.820	.3816	.7960	2.274			
528.000	1	7.800	.4043	.9464	2.399			
633.600	1	11.760	.4440	.9720				
729.200	2	3.720	.4977	.9720				
844.800	3	7.680	.5131	1.0060				
950.400	2	11.640	.5436	1.0810				
1,056.000	3	3.600	.5832					
1,320.000	4	1.500	.5623					
1,584.000	4	11.400						

## 第 五 表 (3)

FLOW OF WATER PER SECOND THROUGH CLEAN IRON PIPES

Fall Per Mile Feet	Fall Per Rod Inches	DIAMETERS								
		14-Ins. Cu. Ft.	15-Ins. Cu. Ft.	16-Ins. Cu. Ft.	18-Ins. Cu. Ft.	20-In. Cu. Ft.	22-In. Cu. Ft.	24-Ins. Cu. Ft.	27-Ins. Cu. Ft.	
2.11	.08									
2.64	.10									8.27
3.17	.12									8.37
3.70	.14					3.61	4.61	6.10		9.09
4.22	.16	1.71	2.05	2.25	3.10	4.07	5.25	6.64		9.48
4.75	.18	1.83	2.19	2.43	3.27	4.35	5.62	7.13		10.26
5.28	.20	1.91	2.30	2.72	3.66	4.92	6.32	7.95		10.74
5.81	.22	2.02	2.43	2.89	3.88	5.15	6.62	8.34		11.45
6.34	.24	2.11	2.54	3.02	4.06	5.40	6.94	8.75		11.93
6.86	.26	2.18	2.65	3.18	4.23	5.62	7.24	9.14		12.54
7.39	.28	2.27	2.75	3.28	4.40	5.82	7.51	9.47		12.96
7.92	.30	2.35	2.84	3.39	4.61	6.05	7.78	9.80		13.49
8.45	.32	2.44	2.94	3.49	4.75	6.27	8.03	10.13		13.98
8.98	.34	2.54	2.98	3.62	4.90	6.48	8.36	10.57		14.41
9.50	.36	2.59	3.11	3.69	5.03	6.65	8.55	10.77		14.84
10.03	.38	2.67	3.21	3.81	5.17	6.92	8.85	11.10		15.21
10.56	.40	2.72	3.29	3.92	5.30	7.05	9.07	11.43		15.63
11.62	.44	2.88	3.47	4.12	5.63	7.42	9.55	12.05		16.44
12.67	.48	3.02	3.63	4.32	5.87	7.79	10.01	12.61		17.23
13.73	.51	3.15	3.76	4.51	6.18	8.14	10.48	13.23		18.01
14.74	.55	3.29	3.95	4.68	6.38	8.48	10.91	13.79		18.75
15.84	.59	3.42	5.11	4.87	6.64	8.77	11.29	14.25		19.50
18.48	.69	3.62	5.46	5.31	7.17	9.49	12.25	15.50		21.13
21.12	.79	3.99	4.78	5.67	7.65	10.16	13.12	16.62		22.62
26.40	.99	4.46	4.37	6.39	8.66	11.43	14.78	18.71		25.34
31.68	1.19	4.91	4.91	7.02	9.54	12.59	16.20	20.42		27.74
36.96	1.39	5.37	6.45	7.66	10.33	13.66	17.53	22.05		29.96
42.24	1.59	5.77	6.90	8.16	11.09	14.66	18.78	23.61		31.99
47.52	1.78	6.11	7.31	8.64	11.71	15.54	19.93	25.07		33.97
52.80	1.98	6.44	7.70	9.10	12.37	16.47	21.06	26.42		35.89
63.36	2.38	7.00	8.39	9.95	13.65	17.99	23.07	29.03		39.76
73.92	2.77	7.60	9.15	10.87	14.75	19.49	24.68	31.49		43.22
84.48	3.17	8.17	9.81	11.63	15.48	21.03	26.97	33.90		46.57
95.04	3.56	8.93	10.47	12.43	16.90	22.45	29.70	36.18		48.06
105.60	3.96	9.26	11.09	13.14	17.85	23.56	31.15	38.45		
153.40	5.94	11.39	13.66	16.17	21.86	28.86				
211.20	7.92	13.22	15.84	18.77						

## 第 五 表 (4)

FLOW OF WATER PER SECOND THROUGH CLEAN IRON PIPES.

Fall Per Mile Feet	Fall Per Rod. Inches	DIAMETERS					
		30-Inch Cu. Ft.	33-Inch Cu. Ft.	36-Inch Cu. Ft.	40-Inch Cu. Ft.	44-Inch Cu. Ft.	48-Inch Cu. Ft.
1.06	.04			10.29	13.88	18.15	22.98
1.58	.06	7.78	10.21	12.70	17.00	22.22	27.89
2.11	.08	8.99	11.65	14.56	19.68	25.55	32.93
2.64	.10	10.24	12.92	16.35	22.08	28.87	37.00
3.17	.12	10.07	13.99	18.02	24.43	31.46	40.21
3.70	.14	11.90	15.14	19.76	26.27	34.47	43.67
4.22	.16	12.84	16.36	20.85	28.14	37.05	46.81
4.75	.18	13.48	17.58	22.30	29.80	39.01	49.06
5.28	.20	14.21	18.74	23.47	31.46	41.06	52.15
5.81	.22	15.05	19.54	24.91	33.25	42.09	54.95
6.34	.24	15.81	20.28	26.12	34.68	44.97	57.36
6.86	.26	16.47	21.29	27.20	36.21	46.77	60.07
7.39	.28	17.18	22.20	28.24	37.57	48.83	62.02
7.92	.30	17.94	23.01	29.19	39.18	50.62	64.47
8.45	.32	18.58	23.76	30.29	40.54	52.46	66.63
8.98	.34	19.21	24.47	31.42	41.88	54.04	68.50
9.50	.36	19.66	25.22	32.48	43.07	55.48	70.62
10.03	.38	20.32	26.14	33.40	44.28	57.01	72.75
10.56	.40	20.79	26.94	34.49	45.20	58.85	74.44
11.62	.44	21.80	28.27	36.15	48.12	61.71	78.29
12.67	.48	22.83	29.02	37.74	50.48	64.35	81.68
13.73	.51	23.93	31.06	39.43	52.67	66.87	85.20
14.78	.55	24.86	32.28	40.86	55.04	69.57	88.46
15.84	.59	25.87	33.62	42.28	56.33	72.32	91.73
18.48	.69	27.96	36.17	45.95	61.09	77.95	100.40
21.12	.79	29.84	38.57	48.83	65.41	83.60	105.89
26.40	.99	33.55	43.12	54.89	73.09	93.37	119.34
31.68	1.19	36.79	47.40	59.95	80.32	103.28	130.88
36.96	1.39	39.66	51.35	65.17	86.70	111.74	148.09
42.24	1.59	42.39	54.91	69.80	92.58	119.93	153.94
47.52	1.78	45.23	58.20	74.33	98.00	128.26	
52.80	1.98	47.71	61.62	78.46	103.99		
63.36	2.38	52.91	68.00	82.84			
73.92	2.77	57.65	73.95				

## 第 五 表 (5)

FLOW OF WATER PER SECOND THROUGH CLEAN IRON PIPES.

Fall Per Mile Feet	Fall Per Rod Inches	Diameters.				
		54-Inch	60-Inch	72-Inch	84-Inch	96-Inch
		Cu. Ft.	Cu. Ft.	Cu. Ft.	Cu. Ft.	Cu. Ft.
.53	.02	21.96	29.77	46.99	75.43	107.77
1.06	.04	31.70	38.19	57.65	104.61	152.45
1.58	.06	38.53	52.09	82.53	126.18	188.45
2.11	.08	45.12	59.04	95.99	145.43	218.75
2.64	.10	50.23	67.56	109.42	162.75	245.30
3.17	.12	55.51	74.32	121.58	177.03	267.41
3.70	.14	60.21	80.51	132.04	192.04	290.53
4.22	.16	63.61	86.30	139.96	207.81	310.89
4.75	.18	67.20	91.99	148.72	222.44	324.20
5.28	.20	72.37	96.98	157.77	235.13	350.45
5.81	.22	75.71	102.39	165.97	253.34	366.19
6.34	.24	79.13	107.31	173.04	264.77	382.02
6.86	.26	82.54	115.53	179.26	275.16	397.85
7.39	.28	85.90	116.53	187.46	287.67	414.70
7.92	.30	89.52	119.68	193.93	296.37	427.76
8.45	.32	92.43	123.70	200.18	307.87	443.09
8.98	.34	95.35	127.63	206.40	316.15	457.42
9.50	.36	97.65	131.26	212.05	326.73	470.49
10.03	.38	100.19	134.79	217.71	335.79	481.53
10.56	.40	103.82	138.84	225.21	348.25	496.37
11.62	.44	108.78	145.98	235.52	364.92	522.76
12.67	.48	113.47	152.56	246.41	382.09	547.88
13.73	.51	118.48	158.65	256.17	394.43	510.01
14.78	.55	123.10	164.54	267.19	408.36	592.13
15.84	.59	128.19	170.43	277.88	423.36	612.00
18.48	.69	138.92	183.98	299.72	482.99	
21.12	.79	147.91	197.52	320.74		
26.40	.99	165.80	221.95	358.52		
31.68	1.19	182.42	244.26			
36.96	1.39	190.01				

式計之。

$$V = \sqrt{2gh} \quad g \text{ 爲力學中理想之下墜速率以每秒鐘 } 32.16$$

英尺計

$$g = 32.16 \quad V = 8.02\sqrt{h}$$

但水與噴管有磨擦力其速率當以九成八乘之。

$$V = .98 \times 8.02\sqrt{h} \quad (\text{公式六})$$

在此公式內  $V$  爲水噴出之速率，以每秒鐘若干英尺計。 $h$  爲噴管之有效力水頭，以英尺計，噴水管之水量，可照下列公式計之。

$Q = FV$  但水量亦因磨擦力而減少，祇得九成五二，

$$Q = .952FV \quad (\text{公式七})$$

在此公式內  $F$  爲噴管之面積，以若干平方英尺計，如噴管以英寸計，則所得之平方英寸當以 144 除之，方得平方英尺。 $Q$  爲水量，以每秒鐘若干立方英尺計。 $V$  爲水速率，以每秒鐘若干英尺計。

設有噴管之徑爲四英寸，其有效力之水頭，爲二百英尺，求噴出之水量若干。

$$4^2 \times .7854 = 12.566 \text{ 平方英寸}$$

$$V = .98 \times 8.02\sqrt{200} = 111.15 \text{ 英尺}$$

$$Q = .952 \times \frac{12.566}{144} \times 111.15 = 9.23 \text{ 立方英尺}$$

求水出噴管之馬力可照下列公式求得其工作每秒鐘若干尺磅，次以 550 除之便得

$$K = \frac{WV^2}{2g} \quad \text{H.P.} = \frac{K}{550} \quad (\text{公式八})$$

此公式內  $K$  爲工作，以每秒鐘若干尺磅計。 $W$  爲水重，以水量若干立方英尺，乘水之重量每立方英尺重 62.5 磅，即得水之總重若干。 $V$  爲速率，以每秒鐘若干英尺計。 $g$  等於 32.16 設如上題所得之水速率  $V$  爲每秒鐘一百一十一英尺一五。所放之水量爲每秒鐘九立方英尺二三，求此噴管之馬力若干。

$$9.23 \times 62.5 = 576.9 \text{ 磅} \quad 2g = 64.32$$

$$V = 111.15 \times 111.15 = 12,354.3$$

$$K = \frac{576.9 \times 12,354.3}{64.32} = 110,808 \text{ 尺磅}$$

$$\text{H.P.} = \frac{110,808}{550} = 201.3 \text{ 馬力}$$

第六表所列為噴管所放之水量及馬力。第一行為水頭，以若干英尺計。第二行為速率，以每秒鐘若干英尺計。第三行為由此水頭每立方英尺水量所得之馬力，第四行為由此水頭每兩個立方尺水量所得之馬力，以下各行為噴管之徑若干英寸，其下為每秒鐘所放水量若干立方英尺及能得若干馬力。

由水量及水頭，求噴管之馬力，須照上列第五表，求得水入喉內所經過之入口阻力，及喉內磨擦力，共失去水頭若干，從水頭之總尺數，減去此數，方為噴管之有效力水頭。惟水入喉後所失去之水頭尙不止此，更有因水喉之彎曲而失去者。第七第八表所列，為水喉每一彎曲所失去之水頭。水流速率愈大，失去水頭愈多。若水流急而彎曲多，則此項失去之水頭，必須算入，庶可得確實之馬力。第九表所列為水在喉內因磨擦力而失去之水頭，以每百英尺長失去若干英尺計。若水流速率為已知，則照第九表計算失去之水頭亦合，毋庸照第五表計算也。

## 水喉之接駁

尋常數分徑以至一尺徑之水喉，皆可便買。其頭尾割有螺絲，可用喉套接駁。其彎曲之接駁名為曲通，其分支之接駁名為丁字通，皆可便買。但此項水喉祇能抵禦每英寸二百磅之壓力，過乎此則水喉宜定製。水之壓力以水頭愈高而愈大，每十英尺水高，其下之壓力為每平方英寸 4.34 磅，若為五百尺之水頭，則水喉下截之壓力為每平方英寸 217 磅，不能用尋常之水喉矣。至於一尺徑以上之大

第六表 (1)

QUANTITY AND HORSEPOWER OF FLOW OF WATER THROUGH NOZZLES

Head Feet	Velocity Per Sec. Feet	1 Cu. Ft.		2 Cu. Ft.		Diameters of Nozzles							
		H. P.		H. P.		1 Inch		1.5 Inches		2 Inches		2.5 Inch	
		Cu. Ft.	H. P.	Cu. Ft.	H. P.	Cu. Ft.	H. P.	Cu. Ft.	H. P.	Cu. Ft.	H. P.	Cu. Ft.	H. P.
1.0	8.025	1.06	.212	.041	.0046	.093	.010	.164	.018	.255	.018	.029	
1.5	9.83	.158	.316	.050	.0085	.111	.019	.200	.034	.312	.034	.053	
2.0	11.35	.211	.422	.058	.013	.130	.029	.232	.052	.360	.052	.082	
2.5	12.68	.264	.528	.064	.018	.145	.041	.256	.072	.402	.072	.114	
3.0	13.90	.317	.634	.071	.024	.159	.054	.284	.096	.440	.096	.150	
3.5	15.01	.370	.740	.076	.030	.171	.068	.304	.120	.475	.120	.189	
4.0	16.05	.421	.842	.081	.037	.183	.083	.324	.148	.507	.148	.231	
4.5	17.02	.474	.948	.086	.044	.194	.099	.344	.176	.540	.176	.275	
5.0	17.95	.528	1.06	.091	.051	.205	.113	.364	.204	.566	.204	.315	
6.0	19.66	.634	1.27	.100	.068	.224	.153	.400	.272	.622	.272	.425	
7.0	21.23	.739	1.48	.108	.086	.242	.193	.432	.344	.672	.344	.535	
7.5	21.98	.702	1.53	.111	.095	.250	.214	.444	.380	.697	.380	.595	
10.0	25.38	1.06	2.12	.129	.146	.290	.329	.516	.584	.805	.584	.915	
12.5	28.37	1.32	2.64	.144	.204	.324	.460	.566	.816	.897	.816	1.28	
15.0	31.08	1.59	3.18	.158	.269	.355	.505	.632	1.08	.985	1.08	1.63	
20.0	35.89	2.11	4.22	.182	.414	.410	.782	.680	1.36	1.06	1.36	2.11	
22.5	38.07	2.38	4.76	.193	.494	.435	.931	.728	1.66	1.14	1.66	2.58	
25.0	40.13	2.64	5.28	.204	.573	.458	1.11	.772	1.98	1.21	1.98	3.08	
27.5	42.08	2.90	5.80	.213	.660	.480	1.30	.816	2.31	1.27	2.31	3.61	
30.0	43.95	3.02	6.04	.228	.760	.513	1.50	.852	2.60	1.33	2.60	4.17	
32.5	45.75	3.34	6.68	.232	.857	.522	1.71	.912	3.04	1.42	3.04	4.75	
35.0	47.47	3.69	7.38	.241	.958	.542	1.93	.928	3.43	1.45	3.43	5.35	
40.0	50.75	4.22	8.44	.257	1.17	.579	2.63	1.03	4.68	1.61	4.68	7.31	
45.0	53.83	4.75	9.50	.273	1.40	.614	3.14	1.09	5.60	1.71	5.60	8.23	
50.0	56.75	5.22	10.56	.288	1.64	.648	3.68	1.15	6.56	1.79	6.56	10.22	
60.0	62.16	6.34	12.68	.315	2.15	.709	4.84	1.26	8.60	1.97	8.60	13.43	
70.0	67.14	7.39	14.78	.341	2.71	.766	6.10	1.36	10.84	2.13	10.84	16.93	
80.0	71.78	8.46	16.90	.364	3.31	.819	7.45	1.46	13.24	2.27	13.24	20.69	
90.0	76.13	9.53	19.06	.386	3.95	.864	8.88	1.54	15.80	2.44	15.80	24.68	
100.0	80.25	10.56	21.12	.407	4.63	.916	10.41	1.63	18.52	2.54	18.52	28.90	
125.0	89.72	13.21	26.42	.455	6.47	1.02	14.55	1.82	25.88	2.81	25.88	40.40	
150.0	98.28	15.85	31.70	.499	8.50	1.12	19.12	2.00	34.00	3.11	34.00	53.12	
175.0	106.1	18.50	37.00	.539	10.70	1.21	24.07	2.16	42.80	3.36	42.80	66.86	
200.0	113.5	21.14	42.28	.576	13.1	1.29	29.42	2.30	52.40	3.50	52.40	81.75	
250.0	127.1	26.62	52.84	.644	18.3	1.45	41.13	2.58	73.20	4.02	73.20	114.2	
300.0	139.0	31.70	63.40	.705	24.0	1.59	54.07	2.82	96.0	4.40	96.0	150.2	
350.0	150.1	37.08	74.16	.762	30.3	1.71	68.15	3.05	121.2	4.76	121.2	189.3	
400.0	160.5	42.27	84.54	.814	37.0	1.83	83.25	3.26	148.0	5.09	148.0	231.2	
450.0	170.2	47.64	95.28	.864	44.2	1.94	99.34	3.46	176.8	5.40	176.8	276.0	
500.0	179.4	52.84	105.7	.910	51.7	2.05	116.5	3.64	206.8	5.60	206.8	323.2	
550.0	188.2	58.22	116.4	.955	59.7	2.10	134.2	3.82	238.8	5.96	238.8	372.7	
600.0	196.6	63.41	126.8	.999	68.0	2.23	152.9	3.99	272.0	6.23	272.0	475.0	
700.0	212.3	73.93	148.0	1.06	85.7	2.46	192.8	4.36	342.8	6.79	342.8	535.5	
800.0	226.9	84.55	169.1	1.15	104.7	2.58	235.5	4.60	418.8	7.19	418.8	654.0	
900.0	240.7	95.14	190.3	1.22	124.9	2.75	281.0	4.88	499.6	7.63	499.6	780.5	
1000.0	253.8	105.6	211.2	1.29	146.2	2.89	329.0	5.16	594.8	8.04	594.8	914.0	

第 六 表 (續前)  
QUANTITY AND HORSEPOWER OF FLOW OF WATER THROUGH NOZZLES

Head Feet	Velocity Per Sec. Feet	3 Cu. Ft.		4 Cu. Ft.		Diameters of Nozzles							
		H. P.		H. P.		3 Inch		3.5 Inches		4 Inches		4.5 Inches	
		H. P.	3 Cu. Ft.	H. P.	4 Cu. Ft.	Cu. Ft.	H. P.	Cu. Ft.	H. P.	Cu. Ft.	H. P.	Cu. Ft.	H. P.
1.0	8.025	.308	.424	.372	.040	.50	.056	.656	.072	.81	.090		
1.5	9.83	.474	.632	.441	.076	.761	.105	.800	.136	1.00	.171		
2.0	11.35	.633	.844	.520	.116	.70	.160	.928	.208	1.17	.260		
2.5	12.68	.792	1.06	.580	.164	.79	.224	1.02	.288	1.30	.370		
3.0	13.90	.951	1.27	.636	.216	.86	.295	1.14	.384	1.43	.485		
3.5	15.01	1.110	1.48	.684	.272	.94	.370	1.22	.480	1.54	.612		
4.0	16.05	1.26	1.68	.742	.332	1.02	.452	1.30	.592	1.64	.742		
4.5	17.02	1.42	1.90	.776	.396	1.06	.540	1.38	.704	1.74	.815		
5.0	17.95	1.58	2.12	.820	.452	1.11	.600	1.46	.816	1.84	1.02		
6.0	19.66	1.90	2.54	.896	.612	1.22	.833	1.60	1.09	2.01	1.38		
7.0	21.23	2.22	2.96	.968	.772	1.32	1.05	1.73	1.38	2.18	1.74		
7.5	21.98	2.38	3.16	1.00	.856	1.36	1.16	1.78	1.52	2.25	1.92		
10.0	25.38	3.18	4.24	1.16	1.32	1.57	1.79	2.16	2.34	2.61	2.97		
12.5	28.37	3.96	5.23	1.30	1.84	1.76	2.50	2.30	3.46	2.92	4.14		
15.0	31.08	4.77	6.36	1.42	2.42	1.93	3.29	2.53	4.32	3.19	5.44		
17.5	33.57	5.55	7.40	1.53	3.13	2.08	4.20	2.72	5.44	3.44	7.04		
20.0	35.89	6.33	8.44	1.64	3.72	2.23	5.07	2.91	6.64	3.69	8.37		
22.5	38.07	7.14	9.52	1.74	4.44	2.36	6.05	3.09	7.92	3.91	9.99		
25.0	40.13	7.92	10.56	1.83	5.20	2.61	7.08	3.26	9.24	4.12	11.70		
27.5	42.08	8.70	11.60	1.92	6.00	2.61	8.17	3.41	10.68	4.32	13.50		
30.0	43.95	9.06	12.08	2.05	6.84	2.79	9.31	3.65	12.16	4.61	15.39		
32.5	45.75	10.02	13.36	2.09	7.72	2.84	10.50	3.71	13.72	4.70	17.37		
35.0	47.47	11.07	14.76	2.17	8.60	2.95	11.71	3.86	15.32	4.88	19.35		
40.0	50.75	12.66	16.88	2.32	10.52	3.15	14.33	4.12	18.72	5.22	23.67		
45.0	53.83	14.25	19.00	2.46	12.56	3.34	17.10	4.36	22.40	5.54	28.25		
50.0	56.75	15.84	21.12	2.59	14.72	3.52	20.03	4.60	26.24	5.83	32.12		
60.0	62.15	19.02	25.36	2.84	19.36	3.86	26.32	5.04	34.40	6.39	43.55		
70.0	67.14	22.17	29.56	3.06	24.40	4.17	33.17	5.42	43.36	6.84	54.90		
80.0	71.78	25.36	33.86	3.28	29.80	4.40	40.55	5.81	52.96	7.38	67.05		
90.0	76.13	28.59	38.12	3.46	35.52	4.73	48.37	6.16	64.20	7.78	79.92		
100.0	80.25	31.68	42.24	3.66	41.64	4.98	56.67	6.52	74.08	8.23	93.70		
125.0	89.72	39.63	52.84	4.08	58.20	5.57	79.20	7.28	103.5	9.18	130.9		
150.0	98.28	47.55	63.40	4.48	76.48	6.10	104.10	8.00	136.0	10.08	172.1		
175.0	106.1	55.50	74.00	4.84	96.28	6.60	131.07	8.04	171.2	10.89	216.6		
200.0	113.5	63.42	84.56	5.10	117.7	7.05	160.22	9.23	201.3	11.61	261.7		
250.0	127.1	79.26	105.7	5.80	164.5	7.88	223.92	10.32	292.8	13.05	370.2		
300.0	139.0	95.10	126.8	6.36	212.6	8.63	294.3	11.28	384.0	14.31	486.9		
350.0	150.1	111.2	148.3	6.84	272.6	9.33	371.2	12.20	484.3	15.39	613.2		
400.0	160.5	126.8	169.1	7.32	323.0	9.97	453.2	13.04	592.0	16.47	749.2		
450.0	170.2	142.9	190.6	7.76	397.4	10.58	541.0	13.84	707.2	17.46	894.2		
500.0	179.4	158.5	211.4	8.20	406.0	11.15	627.0	14.56	827.2	18.45	1,043.0		
550.0	188.2	174.7	232.8	8.40	536.3	11.69	731.0	15.28	953.2	18.90	1,208.0		
600.0	196.6	190.2	253.6	8.92	611.0	12.21	832.7	15.96	1,080.0	20.07	1,376.0		
700.0	212.3	221.9	290.0	9.84	771.2	13.31	1,051.0	17.44	1,371.0	22.14	1,735.0		
800.0	226.9	253.6	338.2	10.32	942.0	14.10	1,282.0	18.40	1,675.2	23.22	2,119.0		
900.0	240.7	285.4	380.5	11.00	1,124.0	14.90	1,530.0	19.52	1,998.4	24.75	2,529.0		
1000.0	253.8	316.8	422.4	11.56	1,316.0	15.76	1,791.0	20.64	2,339.2	26.00	2,961.0		



第六表 (3) (續前)

QUANTITY AND HORSEPOWER OF FLOW OF WATER THROUGH NOZZLES

Head Feet	Velocity Per Sec. Feet	Diameters of Nozzles											
		8 Cu. Ft.		6 Cu. Ft.		5 Inch		5.5 Inches		6 Inches		7 Inches	
		H.	P.	H.	P.	Cu. Ft.	H.	P.	Cu. Ft.	H.	P.	Cu. Ft.	H.
1.0	8.025	.616	.88	1.02	1.16	1.23	1.40	1.49	1.78	1.00	1.99	.226	
1.5	9.83	.948	1.26	1.25	.212	1.51	.257	1.78	.304	.464	2.44	.420	
2.0	11.35	1.27	1.69	1.44	.327	1.74	.395	2.08	.464	.656	3.15	.640	
2.5	12.68	1.58	2.11	1.61	.457	1.95	.533	2.32	.656	.864	3.45	.896	
3.0	13.90	1.90	2.54	1.76	.601	2.13	.727	2.54	.864	1.09	3.78	1.18	
3.5	15.01	2.22	2.96	1.90	.757	2.31	.916	2.74	1.09	1.33	4.09	1.48	
4.0	16.05	2.53	3.37	2.03	.925	2.46	1.12	2.96	1.33	1.58	4.40	1.81	
4.5	17.02	2.84	3.79	2.16	1.10	2.51	1.33	3.10	1.58	1.81	4.72	2.16	
5.0	17.95	3.18	4.24	2.27	1.26	2.75	1.53	3.28	1.81	2.05	5.04	2.48	
6.0	19.66	3.81	5.08	2.49	1.70	3.02	2.05	3.58	2.45	2.82	5.78	3.53	
7.0	21.23	4.44	5.92	2.69	2.14	3.26	2.59	3.87	3.09	3.09	6.20	4.20	
7.5	21.98	4.74	6.32	2.79	2.38	3.42	2.87	4.00	3.42	3.42	6.66	4.66	
10.0	25.38	6.36	8.48	3.22	3.66	3.89	4.42	4.64	5.28	5.28	8.30	7.16	
12.5	28.37	7.92	10.56	3.59	5.11	4.30	6.18	5.20	7.36	7.36	10.02	10.02	
15.0	31.08	9.54	12.72	3.94	6.72	4.76	8.13	5.68	8.08	8.08	13.17	13.17	
17.5	33.57	11.10	14.80	4.26	8.46	5.15	10.24	6.12	12.52	12.52	16.80	16.80	
20.0	35.89	12.66	16.88	4.55	10.34	5.50	12.51	6.56	14.88	14.88	20.28	20.28	
22.5	38.07	14.28	19.04	4.83	12.34	5.84	14.93	6.96	17.76	17.76	24.20	24.20	
25.0	40.13	15.84	21.12	5.09	14.45	6.16	17.49	7.32	20.80	20.80	28.33	28.33	
27.5	42.08	17.40	23.20	5.34	16.67	6.46	20.18	7.68	24.00	24.00	32.08	32.08	
30.0	43.95	18.12	24.16	5.70	19.00	6.90	22.99	8.20	27.36	27.36	37.25	37.25	
32.5	45.75	20.04	26.72	5.80	21.42	7.02	25.92	8.36	30.88	30.88	41.99	41.99	
35.0	47.47	22.14	29.52	6.02	23.94	7.28	28.97	8.68	33.40	33.40	46.84	46.84	
40.0	50.75	25.32	33.76	6.44	29.25	7.78	33.39	9.28	42.08	42.08	57.33	57.33	
45.0	53.83	29.50	38.00	6.82	34.90	8.26	42.23	9.84	50.24	50.24	68.40	68.40	
50.0	56.75	31.68	42.24	7.19	40.87	8.70	49.46	10.36	58.88	58.88	80.11	80.11	
60.0	62.16	38.04	50.72	7.88	53.72	9.54	65.01	11.36	77.44	77.44	105.3	105.3	
70.0	67.14	44.34	59.12	8.51	67.72	10.30	81.95	12.24	97.60	97.60	132.7	132.7	
80.0	71.78	50.74	67.64	9.10	82.76	11.01	100.1	13.12	119.2	119.2	162.2	162.2	
90.0	76.13	57.18	76.24	9.65	98.72	11.68	119.5	13.84	142.1	142.1	193.5	193.5	
100.0	80.25	63.36	84.48	10.17	115.6	12.31	139.9	14.64	166.6	166.6	226.7	226.7	
125.0	89.72	79.26	95.68	11.38	161.6	13.76	195.0	16.32	232.8	232.8	316.8	316.8	
150.0	98.28	95.10	126.8	12.46	212.5	15.08	257.0	17.92	305.9	305.9	416.4	416.4	
175.0	106.1	111.0	148.0	13.46	267.5	15.29	313.7	19.36	395.1	395.1	524.3	524.3	
200.0	113.5	126.8	169.1	14.34	327.0	17.51	395.7	20.64	470.8	470.8	640.9	640.9	
250.0	139.0	190.2	253.6	16.09	457.0	21.83	533.0	23.20	658.0	658.0	895.7	895.7	
300.0	150.1	222.5	296.6	19.04	757.2	22.04	916.3	27.86	1,090.4	1,090.4	1,177.0	1,177.0	
350.0	160.5	253.6	338.2	20.85	925.0	24.62	1,179.0	29.28	1,332.0	1,332.0	1,485.0	1,485.0	
400.0	170.2	285.8	381.1	21.59	1,104.0	26.12	1,335.0	31.04	1,590.0	1,590.0	2,164.0	2,164.0	
450.0	179.4	317.1	422.8	22.75	1,293.0	27.54	1,565.0	32.80	1,864.0	1,864.0	2,508.0	2,508.0	
500.0	188.2	349.2	465.6	23.86	1,491.0	28.88	1,805.0	33.60	2,147.0	2,147.0	2,923.0	2,923.0	
550.0	196.0	380.4	507.2	24.93	1,699.0	30.16	2,036.0	35.08	2,446.0	2,446.0	3,331.0	3,331.0	
600.0	212.3	444.0	592.0	27.18	2,142.0	32.38	2,591.0	39.36	3,035.0	3,035.0	4,203.0	4,203.0	
800.0	226.9	507.3	676.4	28.77	2,616.0	34.92	3,169.0	41.28	3,768.0	3,768.0	5,129.0	5,129.0	
900.0	240.7	570.9	761.2	30.52	3,122.0	36.94	3,778.0	44.00	4,496.0	4,496.0	6,120.0	6,120.0	
1,000.0	253.8	633.6	844.8	32.17	3,656.0	38.93	4,424.0	46.24	5,264.0	5,264.0	7,166.0	7,166.0	

第 六 表 (續前)  
QUANTITY AND HORSEPOWER OF FLOW OF WATER THROUGH NOZZLES

Head Feet	Velocity Per Sec. Feet	Diameters of Nozzles											
		10 Cu. Ft. 20 Cu. Ft.		8 Inch		9 Inches		10 Inches		12 Inches			
		H. P.	H. P.	Cu. Ft.	H. P.	Cu. Ft.	H. P.	Cu. Ft.	H. P.	Cu. Ft.	H. P.		
1.0	8.025	1.06	.212	2.62	.288	3.35	.360	4.07	.46	5.96	.904		
1.5	9.83	1.58	.316	3.20	.544	3.99	.684	4.99	.85	7.12	1.68		
2.0	11.35	2.11	.422	3.71	.832	4.68	1.04	5.76	1.30	8.32	2.56		
2.5	12.68	2.64	.528	4.08	1.15	5.22	1.48	6.44	1.83	9.28	3.58		
3.0	13.90	3.17	.634	4.56	1.54	5.72	1.94	7.05	2.40	10.16	4.72		
3.5	15.01	3.70	.740	4.88	1.92	6.16	2.45	7.62	3.03	10.96	5.92		
4.0	16.05	4.21	.842	5.20	2.37	6.58	2.99	8.14	3.70	11.88	7.24		
4.5	17.02	4.74	.948	5.52	2.81	6.98	3.26	8.64	4.42	12.40	8.64		
5.0	17.95	5.28	10.6	5.84	3.26	7.38	4.07	9.10	5.05	13.12	9.92		
6.0	19.66	6.34	12.7	6.40	4.36	8.06	5.51	9.97	6.80	14.32	13.32		
7.0	21.23	7.39	14.8	6.92	5.52	8.71	6.95	10.77	8.57	15.48	16.80		
7.5	21.98	7.92	15.8	7.12	6.08	9.00	7.70	11.14	9.50	16.00	18.64		
10.0	25.38	10.6	21.2	8.64	9.36	10.41	11.88	12.87	14.63	18.56	28.64		
12.5	28.37	13.2	36.4	9.20	13.84	11.70	16.56	14.39	20.44	20.80	40.08		
15.0	31.08	15.9	31.8	10.12	17.28	12.78	21.78	15.76	26.87	22.72	52.68		
17.5	33.57	18.5	37.0	10.88	21.76	13.77	28.17	17.03	33.86	24.48	67.20		
20.0	35.89	21.1	42.2	11.64	26.56	14.76	33.48	18.20	41.37	26.24	81.12		
22.5	38.07	23.8	47.6	12.36	31.68	15.66	39.96	19.31	49.37	27.84	96.80		
25.0	40.13	26.4	52.8	13.04	36.96	16.47	46.80	20.35	57.82	29.28	113.3		
27.5	42.08	29.0	58.0	13.64	42.72	17.28	54.00	21.84	66.70	30.72	130.7		
30.0	43.95	30.2	60.4	14.60	48.64	18.45	61.56	22.81	76.01	32.80	149.0		
32.5	45.75	33.4	66.8	14.84	54.88	18.81	69.48	23.20	85.70	33.44	168.9		
35.0	47.47	36.9	73.8	15.44	61.28	19.53	77.40	24.08	95.78	34.72	187.4		
40.0	50.75	42.2	84.4	16.48	74.88	20.88	94.68	25.74	117.0	37.12	229.3		
45.0	53.88	47.5	95.0	17.44	89.60	22.14	113.0	27.30	139.6	39.36	273.6		
50.0	56.75	52.8	105.6	18.40	105.0	23.31	128.5	28.78	163.5	41.44	320.4		
60.0	62.16	63.4	126.8	20.16	137.6	25.56	174.2	31.53	214.9	45.44	421.2		
70.0	67.14	73.9	147.8	21.68	173.4	27.54	219.6	34.06	270.9	48.96	530.8		
80.0	71.78	84.6	169.0	23.36	211.8	29.52	268.2	36.41	331.0	52.48	648.8		
90.0	76.13	95.3	190.6	24.64	252.8	31.14	319.7	38.61	394.9	55.36	774.0		
100.0	80.25	105.6	211.2	26.08	296.3	32.94	374.8	40.70	462.5	58.28	906.8		
125.0	89.72	132.1	264.2	29.12	414.0	40.32	688.3	45.51	646.5	65.28	1,267.0		
150.0	98.28	158.5	317.0	32.00	554.0	46.44	866.5	53.85	849.8	71.68	1,566.0		
175.0	106.1	185.0	370.0	34.56	684.3	48.56	1,070.0	61.56	1,070.0	77.44	2,097.0		
200.0	113.5	211.4	422.8	41.28	878.4	52.20	1,481.0	64.36	1,308.0	82.56	2,564.0		
250.0	127.1	264.2	528.4	45.12	1,171.0	57.24	1,947.0	70.50	1,828.0	92.80	3,583.0		
300.0	139.0	317.0	634.0	48.80	1,536.0	61.56	2,453.0	76.15	2,403.0	101.76	4,708.0		
350.0	150.1	370.8	741.6	52.16	1,949.0	65.88	2,977.0	81.41	3,029.0	109.4	5,940.0		
400.0	160.5	422.7	845.4	55.36	2,368.0	69.84	3,577.0	86.35	3,700.0	117.1	7,252.0		
450.0	170.2	476.4	952.8	58.24	2,829.0	73.80	4,194.0	91.02	4,415.0	124.2	8,656.0		
500.0	179.4	528.4	1,057.0	61.12	3,409.0	75.60	4,831.0	95.46	5,172.0	131.2	10,082.0		
550.0	188.2	582.2	1,164.0	63.84	3,821.0	78.60	5,504.0	99.71	5,966.0	134.4	11,592.0		
600.0	196.6	634.1	1,268.0	66.76	4,352.0	80.28	6,191.0	103.7	6,798.0	142.7	13,240.0		
700.0	212.3	739.8	1,480.0	69.76	5,485.0	88.56	6,191.0	108.7	8,567.0	157.4	16,812.0		
800.0	226.9	845.5	1,691.0	73.60	6,701.0	92.88	8,478.0	115.1	10,468.0	165.1	20,316.0		
900.0	240.7	951.4	1,903.0	78.07	7,994.0	99.00	10,116.0	122.5	12,489.0	176.0	24,480.0		
1,000.0	253.3	1,056.0	2,112.0	82.56	9,357.0	104.00	11,844.0	128.7	14,524.0	185.0	28,664.0		



# 第 八 表

ADDITIONAL HEAD REQUIRED TO OVERCOME THE  
RESISTANCE OF ONE ANGULAR BEND

Velocity Per Second Feet	Angles of Deflection					
	15° Head Feet	30° Head Feet	40° Head Feet	60° Head Feet	90° Head Feet	120° Head Feet
1	.0002	.0005	.002	.006	.015	.029
2	.0010	.0019	.009	.023	.061	.116
3	.0022	.0042	.019	.051	.138	.260
4	.004	.008	.035	.090	.245	.462
5	.006	.012	.054	.141	.382	.723
6	.009	.017	.078	.204	.550	1.04
7	.012	.023	.106	.277	.749	1.42
8	.016	.030	.138	.362	.978	1.85
10	.025	.047	.216	.565	1.53	2.89
15	.056	.105	.486	1.27	3.44	6.50
20	.099	.186	.863	2.26	4.85	11.56
25	.155	.291	1.35	4.45	9.55	18.06
30	.224	.419	1.94	5.09	13.75	26.01
40	.398	.745	3.45	9.04	24.45	46.23
50	.621	1.17	5.40	14.13	38.20	73.93
75	1.40	2.62	12.14	31.79	85.95	162.5
100	2.48	4.66	21.58	56.52	152.8	289.0
150	5.59	10.48	48.57	127.2	343.7	650.2
200	5.94	48.63	86.32	226.1	611.1	1,156.
500	22.36	41.92	194.20	508.7	1,092.	2,601.

LOSS OF HEAD IN PIPES BY FRICTION IN EACH 100 FEET IN LENGTH.

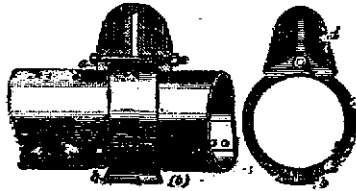
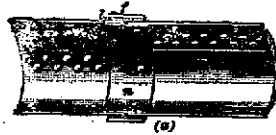
Inside Diameter of Pipe in Inches												
13		14		15		16		18		20		
Velocity in Feet per Second	Loss of Head in Feet	Cubic Feet per Minute	Loss of Head in Feet	Cubic Feet per Minute	Loss of Head in Feet	Cubic Feet per Minute	Loss of Head in Feet	Cubic Feet per Minute	Loss of Head in Feet	Cubic Feet per Minute	Loss of Head in Feet	Cubic Feet per Minute
2.0	.183	110	.169	128	.158	147	.147	167	.132	212	.119	292
2.2	.216	121	.200	141	.187	162	.175	184	.156	233	.140	288
2.4	.252	133	.234	154	.218	179	.205	201	.182	254	.164	314
2.6	.290	144	.270	167	.252	191	.236	218	.210	275	.189	340
2.8	.332	156	.308	179	.288	206	.270	234	.240	297	.216	366
3.0	.375	166	.349	192	.325	221	.306	251	.271	318	.245	393
3.2	.422	177	.392	205	.366	235	.343	268	.305	339	.275	419
3.4	.471	188	.438	218	.408	250	.383	284	.339	360	.306	445
3.6	.522	199	.485	231	.452	265	.425	301	.377	382	.339	471
3.8	.570	210	.535	243	.499	280	.468	318	.416	403	.374	497
4.0	.632	221	.587	256	.548	294	.513	335	.456	424	.410	523
4.2	.691	232	.641	269	.598	309	.561	352	.499	445	.449	550
4.4	.751	243	.698	282	.651	324	.611	368	.542	466	.488	576
4.6	.815	254	.757	295	.707	339	.662	385	.588	488	.529	602
4.8	.881	265	.818	308	.763	353	.715	402	.636	509	.572	628
5.0	.949	276	.881	321	.822	368	.770	419	.685	530	.617	654
5.2	1.020	287	.947	333	.883	383	.828	435	.736	551	.662	680
5.4	1.092	298	1.014	346	.947	397	.888	452	.788	572	.710	707
5.6	1.167	309	1.083	359	1.011	412	.949	466	.843	594	.758	738
5.8	1.245	321	1.155	372	1.078	427	1.011	486	.899	615	.809	759
6.0	1.325	332	1.229	385	1.148	442	1.076	502	.957	636	.861	785
7.0	1.750	387	1.630	449	1.520	515	1.430	586	1.270	742	1.143	916

LOSS OF HEAD IN PIPES BY FRICTION IN EACH 100 FEET IN LENGTH.

Velocity in Feet per Second	Inside Diameter of Pipe in Inches											
	22		24		26		28		30		36	
	Loss of Head in Feet	Cubic Feet per Minute	Loss of Head in Feet	Cubic Feet per Minute	Loss of Head in Feet	Cubic Feet per Minute	Loss of Head in Feet	Cubic Feet per Minute	Loss of Head in Feet	Cubic Feet per Minute	Loss of Head in Feet	Cubic Feet per Minute
2.0	.108	316	.098	377	.091	442	.084	513	.079	589	.066	848
2.2	.127	348	.116	414	.108	486	.099	564	.093	648	.078	933
2.4	.149	380	.136	452	.126	551	.116	616	.109	707	.091	1,018
2.6	.171	412	.157	490	.145	619	.134	687	.126	766	.104	1,100
2.8	.195	443	.180	528	.165	689	.153	748	.144	824	.119	1,188
3.0	.222	475	.204	565	.188	763	.174	817	.163	883	.135	1,273
3.2	.249	507	.220	603	.211	838	.195	872	.182	942	.152	1,357
3.4	.278	538	.235	641	.226	906	.218	942	.204	1,001	.169	1,442
3.6	.308	570	.255	678	.242	976	.235	1,006	.226	1,060	.188	1,527
3.8	.340	601	.282	716	.268	1,040	.267	1,077	.249	1,119	.207	1,612
4.0	.373	633	.312	754	.315	1,076	.298	1,119	.273	1,178	.228	1,697
4.2	.408	665	.342	791	.345	1,114	.320	1,164	.299	1,227	.249	1,782
4.4	.444	697	.374	829	.375	1,151	.348	1,204	.325	1,286	.271	1,866
4.6	.482	728	.407	867	.407	1,189	.378	1,243	.353	1,335	.294	1,951
4.8	.521	760	.441	905	.440	1,228	.409	1,283	.381	1,385	.318	2,036
5.0	.561	792	.476	942	.474	1,268	.440	1,323	.411	1,427	.342	2,121
5.2	.602	823	.512	980	.510	1,306	.473	1,364	.441	1,472	.368	2,206
5.4	.645	855	.552	1,018	.546	1,344	.507	1,404	.473	1,519	.394	2,291
5.6	.690	887	.591	1,058	.583	1,383	.542	1,447	.506	1,560	.421	2,376
5.8	.735	918	.632	1,098	.622	1,423	.578	1,488	.540	1,608	.450	2,460
6.0	.782	950	.674	1,139	.662	1,464	.615	1,530	.574	1,657	.479	2,545
7.0	1,040	1,109	.953	1,319	.879	1,548	.817	1,706	.762	1,861	.636	2,868

喉，宜用鋼片窩釘製成。鋼片之厚由  $\frac{1}{8}$  以至  $\frac{7}{8}$  英寸。每截長三十英寸。再以窩釘連接，可廠長至二十尺以至三十尺以便搬運。至於兩長喉相接之處，可外加熟鐵套，襯以鉛片。如第十四圖 (a) f 為外鐵套，濶五英寸，比喉身加厚半分。內襯鉛片 *l*，約厚一分半。喉之內別

為一鐵套 *n*，其一端用窩釘連接於水喉之一端。此鉛片宜用特製之鉗，兩頭逼之，使貼滿鐵套及喉間之空位，則可不漏水。此鉗之狀，如第十四圖 (b) *a* 為鉗及水喉之正面。*d* 為鉗及水喉之橫截面。鉗有螺絲，絞之可令鉗口合理，而這緊鉛



第十四圖

片於喉套內。鉛片既逼緊後，乃用一熟鐵夾 *b* 夾之，兩口用槌擊之使理，則緊夾鉛片而不能脫離。然後將鉗除去，再用之後駁別處喉

口。水喉之彎曲處，宜緩不宜急。如第十五圖，甲乙為片釘成之曲通。丙丁為喉套，照上文所列之法，用鉛片逼緊。戊己為角鐵，釘於喉之一端，及曲通之一端。庚為扁鐵，聯貫此兩角鐵，則水喉不至與曲通脫離。



第十五圖

口。水喉之彎曲處，宜緩不宜急。如第十五圖，甲乙為片釘成之曲通。丙丁為喉套，照上文所列之法，用鉛片逼緊。戊己為角鐵，釘於喉之一端，及曲通之一端。庚為扁鐵，聯貫此兩角鐵，則水喉不至與曲通脫離。

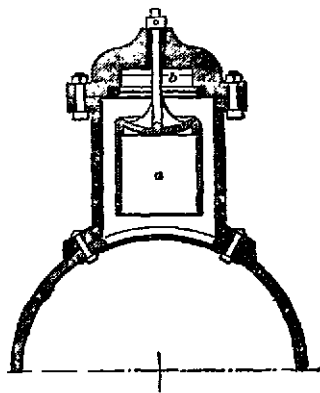
### 水喉之裝置

水喉宜藏於地下，其上面所蓋之沙土，至少須有一尺厚。斜勢甚

遮之水喉，宜分段用窩釘連固於角鐵，此角鐵用橫木支架之，以免水喉及水下墜之重力扯斷水喉也。水喉之內外面，宜用吧嗎油及瀝青塗之，使免銹壞。塗法，用瀝青二十八份 Crude asphaltum 和吧嗎油七十二份，Coal tar。先將瀝青鑊碎成小粒，和以吧嗎油，加熱至法倫海表四百度，俟瀝青全鎔，乃攪勻之。所塗之喉，浸於此鎔液內，使水喉之熱與鎔液相等，方不致乾後脫落。浸後抽出，可曝乾或吹乾。浸法宜備一長鐵槽，可容此喉。

### 水喉之安全掣

水喉內水流偶然中斷，則其空位變成真空。喉外之空氣壓力能壓扁水喉。故須有安全掣，遇水流中斷時，放空氣入內，以填補空位。此安全掣之最單簡者，不過用一牛皮，用釘鉸法，釘在喉身之內面，其外為喉身之小孔。喉內無水，則空氣經小孔，壓開牛皮而入喉內，填補空位。此項安全掣，在喉線上，宜每隔三百尺遠配一具，則可保無虞。尙有一種安全掣，如第十六圖，不特能放空氣入喉，且能於水滿喉時，將喉內空氣放出，不至與水混和，而生窒礙。圖內 (a) 為筒形之活塞，其開合處在活塞上之面，與 (b) 孔緊貼。喉內無水時，活塞藉本身之重下墜，喉外之空氣可從 (b) 放入。如喉內水滿，則活塞筒內之空氣，為水所困，筒身輕而上浮，緊閉 (b) 口，而水不能外溢。

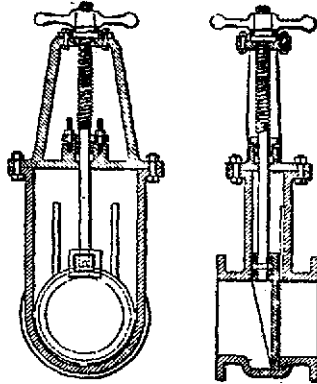


第 十 六 圖



### 水喉之入水掣

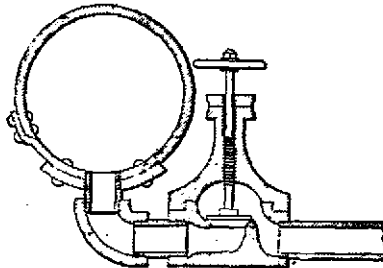
第十七圖為水喉之入水掣，由水塘放水入喉時，或由大喉放水入小喉時用之。開此掣時宜漸，令水漸入，否則水喉注滿時，水流忽焉阻截，發生極大之反動力，發聲甚巨，名為水錘 Water hammer 時有震壞水喉之虞。



第十七圖

### 水喉之放水掣

第十八圖所示為水喉下截之放水掣，用以放清喉內之水者。



第十八圖

### 注水入喉之法

注水入喉時，宜設法防阻空氣，勿令其隨水混入喉內，並須令因

於喉內之空氣放出。如第十六圖之安全掣，置於水喉之上截，則注水入喉時空氣上升，可全由此掣放出。防空氣入喉之法，水喉與水塘或水箱連接處，宜在水面之下數尺，則不至有空氣侵入，令水入喉時壓力平均而無中樞之處。若空氣被困於喉內，則水由噴管射出時，空氣隨水噴出，發生巨聲，可聞數里，由於被壓迫之空氣，忽然爆發也。供給水量入喉之小塘或木箱，名為 Penstock 又名壓力箱 Pressure box 此箱可連接吊槽或水溝之尾，令水流入箱面。

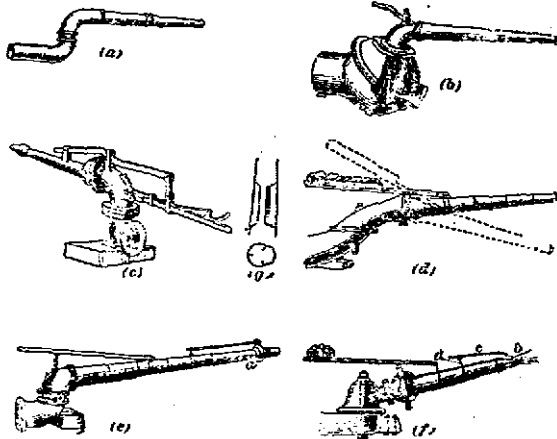
## 水 力 採 礦

Hydraulicking 從上文第六表觀之，噴管之力量，可達至二萬八千餘馬力。水由噴管射出之速率，每秒鐘可達至 253.8 英尺，等於每點鐘一百七十三英里。其力量及速率，有非尋常事物所能比擬者。故用噴管射擊法採礦，為極有效力之工程。誠以人力與馬力比較，一人之力適等於一馬力之八份一，噴管之大者勿論，即如四寸徑之噴管，二百尺之水頭；如上文所論者，已有二百零一馬力，等於一千六百人之工作。故在礦場附近，倘有充足之水源而水頭又有數百尺高，則所有發動機器及採礦工程，皆可用水力也。

## 噴 管 之 沿 革

從前美國加省採金之時，有一人名密迪生者，Mattison 用一牛皮製成之水喉，配以木製之噴管，引水射擊岸邊之砂金礦層，極有效力，可省鋤掘之勞，其後各人爭相仿效，且將水喉及噴管加大以祈增加力量。且皮喉往往爆裂，時或反射，有傷人之虞，故又代以火爐之鐵烟通作喉。再其後乃有鋼喉及所謂巨人者 Giant 之創設，而噴管射擊方法，於以完備。最初鑄製之噴管，名為鵝頸 Gooseneck 如第十九圖 (a)，為二曲通，上下相接，噴管聯於上曲通。但二曲通相接處，往往漏水。且接連不固，噴管轉動時，發生危險，或反射傷人。故此項噴管，旋即廢棄。第二進步名為球形隊長，Globe Monitor 如

第十九圖 (b), 將噴管與水喉相接處放大, 成球形, 內有球窩式之聯接。但此球內之水壓力極大, 噴管轉動甚難。第三進步名為水力首領 Hydraulic chief 如第十九圖 (c), 二曲通之連接為活鐵套, 其內有



第 十 九 圖

槽, 配以珠子, 則可四向轉動而滑溜。其噴管與上曲通相接處為球窩式之連接, 其外配以狗牙及橫杆, 將橫杆起落, 便可使噴管向上、下轉動。噴管內配以突脊三條, 如第十九圖 (d) 則水向直射, 不至在喉內旋轉, 故水出噴管時成為一堅實之水柱。此項噴管之連接處, 不久即漏水, 故亦不甚適用。但噴管內之突脊為改良之要點, 所以令水直射, 以後各噴管之製造, 皆仿效之。第四進步, 名為小巨人, Little Giant 如第十九圖 (e) 曲通之灣勢較緩。噴管與曲通相接處, 為杆臼式之聯接, 可上下轉動。曲通與喉相接處, 中央有螺絲釘作樞紐, 藉此聯貫曲通及喉, 使不能脫離, 且令曲通可左右旋轉。此項噴管輕而便利, 適用於水量不甚大之處。第五進步名為水力巨人, Hydraulic Giant 杆臼式之連接乃在二曲通之間, 以橫門聯貫如第

十九圖 e, 而左右旋動之圓套。則套於下曲通口邊緣之下, 不用中央螺釘, 故水流可自由無阻。噴管之後配以橫杆及等稱之重, 使噴管藉此重而平衡一如小巨人焉。第六進步名為隊長 Monitor 如第十九圖 f, 曲通變作鐘形, 中央有螺絲釘樞紐, 與水喉相聯貫, 噴管與鐘形曲通相接處, 為球窩式之聯接。

### 改 向 噴 管

Deflecting Nozzle 從前噴管之上下左右轉動, 全靠人力攀之使轉, 費力甚大, 且有危險之虞。其後乃發明一種折向噴管, 藉水之反動力, 使噴管轉向, 甚為省力, 且較平安。此項折向噴管如第十九圖 (e) 之 (a) 及第十九圖 (f) 之 (b) 皆是也。此為原有噴管口外加長, 復配一短噴管, 名為折向噴管, 藉球窩式之聯接, 緊靠於原有噴管內。如未折向時, 則兩噴管之口在一直線內。如將短噴管口改向, 則此管之一邊受流水反動力逼令去噴管移動, 隨此折向噴管之方向轉動。此噴管用力甚輕乃以柄 (a) 及支點 (c) 轉動之。

### 開 放 噴 管 法

未放水入喉時。所有水喉及噴管皆宜用螺絲釘聯固於巨木上, 墜以大石, 勿令跳動。因水力甚大, 倘噴管或水喉跳動, 則將有脫離或反射之虞, 而人與物皆被其射去。故所有一切螺絲釘及聯接機件, 皆宜檢視, 使之緊相連接。各件妥善, 乃先將水喉總掣放開。俟總喉水滿, 喉內空氣全出, 然後依次開放各噴管之分喉。

### 噴 管 射 擊 法

用噴管射擊鐵層, 宜練習熟手, 方可措施裕如, 如土層內有巨石塊, 則宜先將其兩旁及底下之土沖去, 巨石自可隨土溜去, 並可用噴管驅離。凡石塊與土塊磨擦能令土塊碾碎, 解放其中所含礦物。如為厚層土質, 宜用噴管射入其底下, 則土層因下虛而傾陷。若有

## 第十表(上)

Duty of the miner's inch in Alaska placer mining

(The estimates are based on statements made by the operators.)

Locality	Height of bank.	Grade	Miner's inches of water.	cubic yards duty	Sluice dimensions		Rifles	Remarks
					width	Depth		
	Feet				Inches	inches		
Juneau:								
Windfall Creek	16		1,000	2				
Gold Creek	200	4-inches: 12feet	4,000	2	72	60	Blocks	Heavy Stones
Silver Bow basin	80	4 inches: 12feet	2,500	2	50	55	do	Do.
Atlin:								
Mckee Creek	40	8 inches: 12feet	700	1-1/2	32	32	Angle iron and blocks	Do.
Do	85	8 inches: 12feet	1,200	3	32	40	do	Do.
Birch Creek	25	5-inches: 12feet	1,200	1/2	30	30	Blocks	Do.
Spruce Creek	29	5 inches: 12feet	1,200	1	40	36	do	Do.
Do	20	5-inches: 12feet	900	1/2	48	32	do	Do.
Pine Creek	20	3 inches: 12feet	700	3/5	36	36	Long rails	Do.
Do	60	5 inches: 12feet	3,500	5/8	60	40	Block	Do.
Dawson:								
Bonanza Creek	20	12 inches: 12feet	250	5	24	20	Blocks	"White channel" small round gravel, frozen.
Do	25	12 inches: 12feet	125	(?) 4	20	16	Sawed pole, iron-shod	Hillside, small gravel, frozen.
Do	25	11 inches: 12feet	150	10	24	24	Blocks	"White channel" small round gravel, part tailings
Do	35	12 inches: 12feet	200	6-1/2	24	24	do	"White channel" small gravel, frozen.
Do	75	12 inches: 12feet	266	8	24	30	do	Do.
Eldorado Creek	60	11 inches: 12feet	160	7	(?) 24	24	Iron, Hungarian, and blocks	Do.
Last Chance	46	12 inches: 12feet	230	7	24	18	Pole, iron-shod, and blocks	Do.
Do	25	14 inches: 12feet	120	5	20	20	Pole, iron-shod	Do.
Hunker Creek	15	13 inches: 12feet	150	5	14	14	Pole, and blocks	"White channel," very little frozen.
Do	8	12 inches: 12feet	125	2-3/5	17	14	Pole, iron-shod	"White channel," small gravel, frozen
Nome:								
Anvil Creek	30	4-inches: 12feet	500	1-2/5	33	18	Angle iron	Heavy partly frozen gravel much flat schist,
Do	20	4 inches: 12feet	400	10			do	Frozen earth or "muck" stripping

## 第十表(下)

Duty of the miner's inch in northern placer mining—Continued.

(The estimates are based on statements made by the operators.)

Locality	Height of bank	Grade	Miner's inches of water	cubic yards duty	Sluice dimensions		Riffles	Remarks
					width	Depth		
Name:—Continued.								
Anvil Creek	12	9 inches: 12feet.....	100		16	14	do.....	
Do.....	4½	3 inches: 12feet.....	100	3	(a)	(a)	do.....	Frozen muck, 75 percent ice, ditch head.
Glacier Creek.....	20	6 inches: 12feet.....	760	1.32	36	24	Angle-iron grates	Two-thirds water used for lifting 36. feet semi-frozen gravel.
Dexter Creek.....	40	6 inches: 12feet.....	100	(?) 2	16	16	do.....	Heavy gravel, limestone bed rock.
NewtonCreek.....	8	7 inches: 12feet.....	150	3-1/3	24	24	Pole and angle iron.....	Small coastal plain gravel
Basin Creek.....	20	8 inches: 12feet.....	250	.6	18	18	Pole iron-shod.....	Elevator using three-fifths water, 29 feet lift, heavy gravel.
Council:								
Ophir Creek.....	12	10 inches: 12feet.....	600	1-1/2	24	16	Rails and angle iron	Elevator using three-fifths water, 29 feet lift, heavy gravel.
Do.....	8	10 inches: 12feet.....	750	1	24	16	do.....	Elevator using two-thirds water, 28 feet lift, Slabs and clay
Crooked Creek(b)	4	4 inches: 12feet.....	55	3.45	(a)	(a)	do.....	Frozen muck, ground sluice ditch head
Solomon:								
Solomon River...	5	10 inches: 12feet.....	600	.8	37	24	Angle-iron grates .....	Elevator using one-half water lift, 12 feet subangular gravel.

a Ground Sluice      b Ground Sluicing of frozen "muck" material consisting of 50 to 75 Percent ice

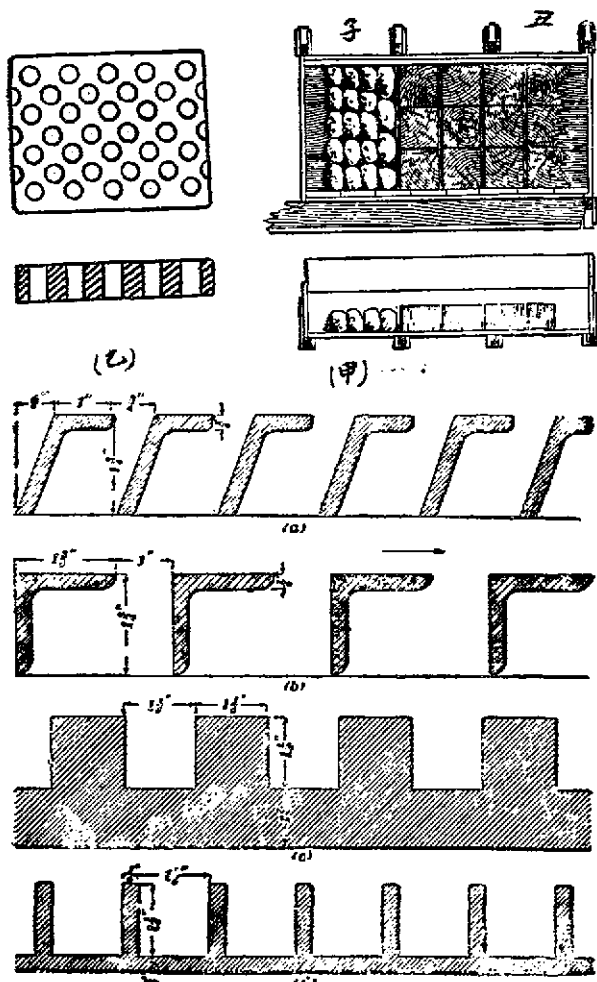
三四百尺高之水頭，則水由噴管射出時，每平方英寸有百餘磅壓力，割土甚速。惟土層將傾時，宜將噴管之水改向別處，妨土石墜入水內，噴射甚遠，有傷人損物之虞。故往往有日間割土，夜間任其自傾者。凡土層將傾，其面上皆有裂縫，由漸而大，倘漲至數寸，則為將傾之兆，人物宜離開。凡土層向工作地方之一面，宜方平，不宜留作半環形，恐妨工作者，入此環內，三面危懸，則生命堪虞也。所有突出之隅角，宜射割使平。以防驟傾之險。如土層厚達百五十尺，則宜分兩射割，以免土體過高，下墜之力太猛也。土既傾瀉後，乃用噴管驅之入槽溝，淘去砂石，使得礦物。

### 溝槽選礦法

Sluicing 美國加省金砂礦選礦習慣，令所有一切石塊砂土，流經極長之溝槽，俗名為金山溝。此溝槽分為土溝 Ground Sluicing 及木槽二類 Box Sluicing。土溝則就礦層底下之母岩 Bed Rock 掘成溝道，或利用天然之坑谷底亦可。其下截截以木槽，有延長七八百尺者。礦土砂石流經此溝時，土為石碾，沙隨水去，源源不絕，其量甚大，每日能淘數千以至數萬立方碼。故用水力採礦法，每立方碼土石含金值美銀二角半，亦可開採有利。至於每日能洗土石之多寡，視乎水量之大小，砂石之粗幼，斜勢之急緩而異。每一個礦工寸（即每分鐘放水一立方尺半）每日二十四點鐘內，能洗去土石若干立方碼，名為礦工寸之義務，Duty of the miner's inch 第十表乃美國額拉斯加省各採金局所經驗而得之礦工寸義務。最多者每個礦工寸每日能洗八立方碼以至十立方碼，最小者不及一立方碼。其相異之處，則因石塊之大小及溝槽之平斜及需用水力舉揚機與否而異也。

### 溝槽之斜勢

Grade for sluices 溝槽之底必須從漸斜下，方可洗去砂石。其斜勢以每十二英尺低若干英寸計，最斜者每十二尺低十二寸，最平者



第 二 十 圖



每十二尺低三寸。溝槽愈斜，則洗去砂石愈多，惟幼鑛亦容易沖去，故斜度必須有限制。大抵溝槽之頭段，斜勢宜急，則石塊之巨者亦可洗去，且可藉石塊與土塊磨擦力，使土塊碾碎，解放其中所含鑛物。溝槽頭段之長約為二百尺，其斜勢約為每十二尺低十寸以至十二寸。在此段內，所有土塊可完全碾碎。其尾段之溝槽，斜勢宜緩，庶鑛物可截留，如斜勢為每十二尺低三四寸，則至幼之金亦可截留。

### 突墊之款式

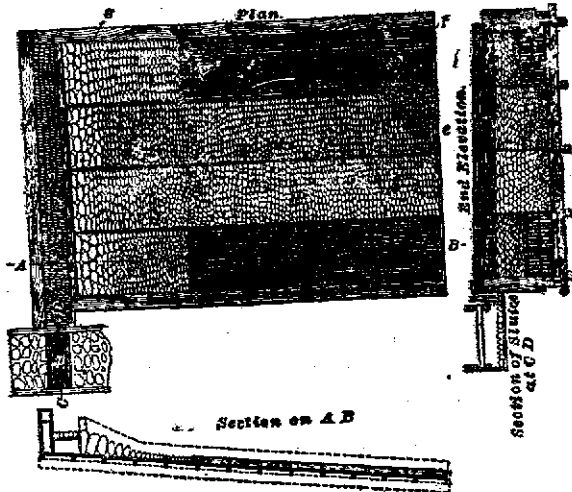
Forms of Riffles 土溝木槽之底，恆受砂石之磨擦，倘無襯墊，則槽底往往因損壞而成漏。此襯墊一則用以保護槽底，二則用以截留鑛物。襯墊之一部份突起，故名突墊，其一部份留有隙孔，鑛砂流經其上，藏於孔內，不至復為水沖去。如第二十圖甲(子)為石製突墊，擇抗底之碎石塊，取其平整等大者，排作行列。互相逼緊於槽內。每隔數尺，則以橫木欄之，使不至流走。(丑)為木轆鋸成之突墊，企置於槽底，以釘連固之。(乙)為木板製成之突墊，將厚約二寸半之木板，逐鑽圓孔，各大一寸徑，則鑛砂留墜於孔內。(c)為生鐵鑄成之突墊，置於槽底，水及沙石循圖內所示之箭矢而行。此項突墊，每六條鑄作一塊，闊與槽等。(b)為角鐵截成之突墊，水及沙石經流之方向，亦如圖內箭矢所示。將角鐵截斷，其長與槽之闊等，橫置槽內。兩頭可用木轆釘於槽底以支撐之，則可穩固。(c)為生鐵鑄成之突墊，孔隙之闊與突脊之闊相等，適用於巨石塊流經之處，因其較為耐用，但截留幼鑛則不若其他各突墊。(d)為生鐵突墊，此突脊甚狹，祇闊二分，而孔隙則闊寸餘，以之截留幼鑛甚佳，但不能抵當石塊之磨擦，故適用於溝槽尾段，所有石塊經已用鐵柵鐵籠，或鐵耙除去之後，祇除沙土，方能用此突墊。突墊之脊，亦有順水流之方向而直置者，名為順置之突墊，Longitudinal Riffles 如第二十一圖F是也。

### 底流之致用

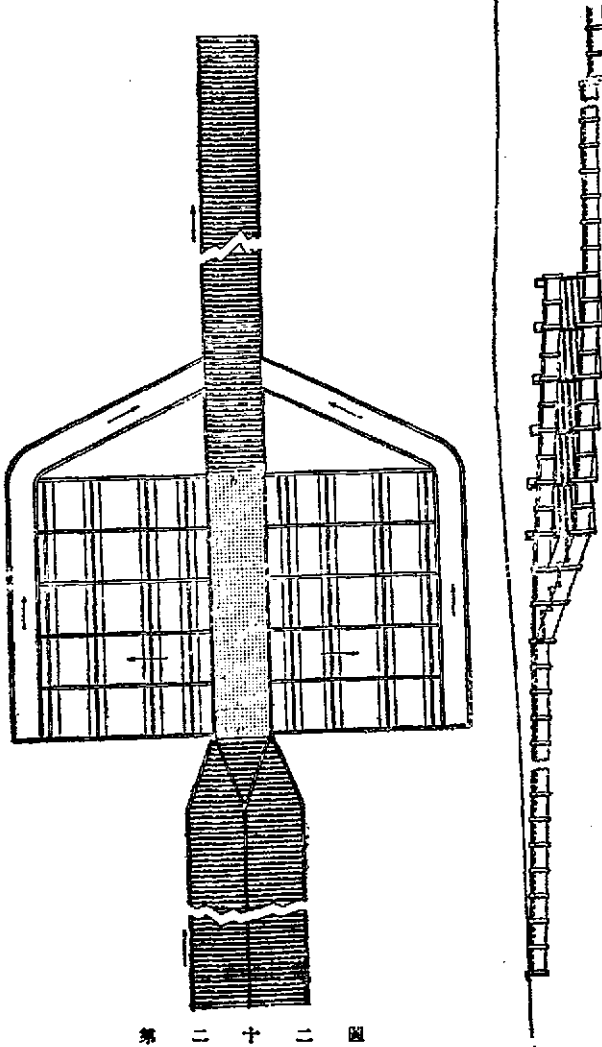
鑛石砂土，流經溝槽頭段後，可使之流經鐵柵或鐵籠等，截留一

一切石塊，祇許鐵砂泥土等流過鐵柵之下，而入於別槽。凡此向柵底下流之砂土名為底流，Undercurrent。如第二十一圖，(a) 為鐵柵，用鐵條橫置於幹槽尾段，每條相離約半寸或一寸。凡粗石之不能流過此鐵柵者，可用人工鏟去。而流經鐵柵之砂土，則墜於橫槽 (b) 此橫槽與幹槽相交成直角。橫槽比幹槽較狹，而斜勢較緩。此橫槽之旁開四門，配以木閘，使砂土分佈於底流槽 e。此底流槽分四格。中央二格，墊以石突墊。兩旁二格，頭截襯以石突墊 G，尾段襯以順置鐵突墊 F。底流槽之面積，比較幹槽闊多五倍以至十倍。長由二丈以至五丈。水流至此，因面積闊而忽緩，其分佈之砂土單僅寸餘。幼金鏽粉因水緩而下沉，可截留於突墊中。

此項底流槽，可多用器具，分配於幹槽之各段，則截流鏽物之成效更佳。凡鐵砂土石等，流經第一底流槽時，其不過鐵柵之石塊及土塊可再經第二幹槽，而至於第二底流槽之上。第二幹槽比較第一幹槽低尺餘，則土石下墜之力可令土塊碾碎。第一底流槽之砂土亦



第 十 一 圖



第二十二圖

可設法使再流經第二幹槽。如第二十二圖， $a$   $b$  爲鐵柵或鐵篩，石塊土塊之不過篩眼者流經其上，而墜入於第二幹槽。過篩之礦砂泥土則墜入於底流槽。此底流槽分兩旁瀉出後，復合流而入於第二幹槽。如圖中箭矢所示方向。由第二幹槽，可再流入第二底流槽，此第二底流槽，面積較闊，斜勢較緩，則更幼之礦砂亦可截留。其所配之突墊，亦可改用較細密之木突墊或鐵突墊，如第二十圖之乙及  $d$  等。至於最末尾之底流槽，面積更闊，砂土更幼，可用椰衣織成之席 Cooa-matting 或毛氈等，以截留最微細之金點及幼礦。氈席之上，壓以橫突墊，可令氈席僅貼槽底。此項底流槽，恒用以提金，故又名提金桌，Gold-saving table 凡水力採礦機器船選礦或舂槌碎礦後皆適用之。

### 廢 石 之 清 除

幹槽尾之石塊不能過鐵篩者，宜隨時除去，以免閉塞篩眼，有礙砂土流入底流槽。此篩面之石塊，可用人工鑿去，棄置槽旁。或用水驅之，使流至尾槽後，Tail sluices 再用水力舉揚機噴去之。Hydraulic elevator 水力舉揚機之樣式甚多，其大致不外用一噴管，套入於鐵筒內，水藉壓力由噴管射出，能令鐵筒內成真空，而鐵筒下之石塊砂土於以噴高。所噴之高度，約爲水頭之十份一。設如噴管之有效力水頭爲二百尺，則砂石能噴高二十尺，除此類推。此項舉揚機，不特能舉砂石，且可用以吸水。如礦穴內有水，則可用此舉揚機將水吸起而噴高，其所吸之量，約爲此舉揚機所用之水量二份之一。此項舉揚機最通者爲 Ludlum Elevator 及 Evans Elevator，美國舊金山有發售。至於過大之石塊，逾數尺徑者，則不能用水力舉揚機噴高，祇可用起重架及槓杆起之，如輪船所用以起貨物者焉。

### 美 國 卡 省 選 砂 金 法

美國卡路拉杜省 Colorado 在落磯山脈中，礦產甚富，而金砂礦

床亦著名，選砂金方法亦多，茲舉一二例以明之。一為卡省南園 South Park 之鴉路麻砂金礦，Alma Placer。南園地方，在海平高度一萬英尺。內有一河兩岸，長二十英里，闊約半英里，俱為合金之沖積礦層。此礦層大部份為石塊粗砂礫岩等。鴉路麻處礦層最厚，因此地有數河合流也。鴉路麻地面上為草皮，厚尺餘，其下為土質及鴉印石，厚尺餘，再其下為砂層及散石，厚約數尺，此三層合金甚少。惟其下之礫岩層，厚約三丈以至五丈，合金甚富，此為古代河底所成。礫岩所含之散石大小不一，最小者不過數分徑，最大者逾三尺徑。所有散石，為膠土膠黏而成礫岩，Conglomerate。膠黏質中恆含氧化鐵，故礫岩頗堅，須用洋鋤掘之，或用水頭甚高之噴管射之，始能擊碎。礫岩之下為砂岩層，此為礦床下之底岩，Bed Rock。底岩面上罅隙，滲金甚富，故此砂岩亦常掘而洗之。此礦開採之前，先將岸邊礦層，詳細探驗，或穿井至底岩，或用探鑽探深，其合金較富之地則開採，其較貧之地則留之。故現今游覽此礦遺跡，見河岸有割至離河甚遠者。餘剩之岸層，有高七十尺長一英里者。所探割之地，或僅為極狹之深溝，或成極闊之窟穴。所餘巨石嶙嶙，尚堆置於窟穴之中央，此乃由上日溝槽內所擲出者。縈繞此巨石堆之間，猶見曩時溝槽之遺跡。

此礦開採，乃用水力採礦法，在河之上流，建築一水塘，其面積為五英畝，Acres 約合中國三十畝。平均深度為十英尺。由水塘至礦場之水溝長二英里，闊十二英尺，深三英尺，其斜勢為每英里低十英尺，可引導二千個鑛工寸水，（即每秒鐘五十立方英尺。）此水溝之尾，駁以吊槽，長二百四十英尺，闊六英尺，深三英尺。此吊槽之尾，將水流分為四支。二支用以供給噴管二個，每一噴管用水量二百個鑛工寸。其餘二支，則用以發動水車及沖刮地面之砂土，名為吊槽瀑布，Flume waterfall。每支水接以水箱一個。每一水箱駁以水喉，上截二十二寸徑，下截駁噴管處則縮小至十寸徑。水喉之長，每條約五百尺。

淘礦之溝槽有二條，以木板製造。每截長十二英尺，上截之尾套入下截之頭，由此較長至四千英尺。但金砂多量，已截留於頭段四百英尺內。溝槽闊三英尺，高四英尺。槽底墊以八英寸高之木軌突墊，故所除之槽深為三英尺四寸。溝槽之斜勢，每十二英尺低四寸以至十二寸。斜勢十二寸之處，水流極猛，巨石之重一百磅者亦可沖去。

開採之時，將岸上之礦層，用噴管射之，則礫岩為水力擊碎，沖至岸旁之柵圍內。由此柵圍流入於岸下之溝槽，如第二十三圖所示，為吊槽水喉噴管柵圍溝槽及起重橫杆之佈置。射擊既久，岸旁之大



第 二 十 三 圖

石愈積愈多，則將噴管改向別處射擊。而將岸旁之石堆，用人工移置起重橫杆之吊桶內，藉水車之力，將石絞上，而棄置於別處。此水車為十尺徑 Pelton waterwheel 式，在圖內可見起重架及水車房。巨石之不能入桶者，則以鐵鏈繫固而起之。其過大不能絞起者，則先用火藥爆開而後起之。俟巨石既起完，乃再用噴管射擊所有碎石砂土入於槽內。石塊流至溝槽尾段時，則用鐵耙挑起，而棄置於槽旁。槽尾之砂土則流入於河中。截留金砂用汞引法，Amalgamation。溝槽頭尾段共約用水銀七百磅，分佈於突墊內之罅隙，則幼金與水銀混合而截留。頭段四百尺內，注水銀較多。尾段則注水銀較少。積存之水銀金，留於槽底，每隔二星期或一月方起出。起金時將槽內砂

石冲淨，然後將突墊拆出。將水銀金及鏽砂起上。突墊縫隙內積實之水銀金，宜用擦擦出，因其含金甚富也。

其二為卡省清水河 Clear Creek 之羅士高砂金礦，Roscoe Placer 清水河為落磯山下最大最急之河流，長四十英里，兩岸花崗岩為水所割，成為千餘尺高之岸線。溯河口而上，離河口十三英里處，水源分為二支，一支達中城金礦 Gold Mining Region of Central City。一支達埃迭河金礦 Gold Mining Region of Idaho Springs。故清水河為二金礦流域之總匯。中城地方，除天然之冲積砂金外，更有由舊日礦場遺落之砂尾金水銀金幼粉等。蓋曩日卡省採金公司，用春錘及汞引方法，祇能於礦苗石內取得合金之量四成，其餘六成尚存於砂尾內，Tailing 未能取出。此項砂尾積存於河底經已三十年，鑛業家曾多方設法，欲取回此項砂尾金及河床底下之金砂，其後乃施用水力探鑛法。

清水河之下游，有一處為大石英苗及巨石所攔阻，成為天然之隄堰。由隄面墜下之水，成為瀑布，高三十英尺。隄堰之上游，河面既闊，成為天然倉谷，截留一切冲積礦及砂尾金等。隄堰之下，河底甚深，可為宣洩廢石砂土之尾閘。

此倉谷內之金，既經鑽探確實。乃先將流入此倉谷內之河流改稱，俾易於從事採掘。其法在河之南岸，建築一吊槽，長二千四百英尺，闊十英尺，深六英尺半，此吊槽可將清水河之水量完全導去。吊槽之上游為水塘，蓋以木格及石塊建築之隄堰，使河水全入吊槽，不復流入於砂金之倉谷。此倉谷既無河水流入，惟尚有各處滲入之泉水，及噴管射擊之砂土及水，則用水力舉揚機二具吸上，使流入於選礦溝槽內。

供給噴管及水力舉揚機之水塘，乃在清水河之上游，距離礦場三英里。由水溝導水至礦場附近處，則接以八百英尺長之吊槽。吊槽之尾為水箱，此水箱丁方八英尺，深十六英尺。水喉與水箱相接處，配以木柵鐵篩等，令草木葉藻之屬不能入喉，而砂土則壓於柵壁，

其旁有門，砂土多時可放去之。水喉之上被為木板製成，箍以鐵箍。接水箱處，喉之內徑為四十八英寸，尾段與鐵喉相接處則縮小至二十二英寸，此水喉長一千九百八十英尺，尾段接以鐵喉二條，各長六百六十英尺。其一為十二寸徑，用以供給噴管。其一為十六寸徑，用以供給水力舉揚機。噴管放射時，水柱之壓力為每平方英寸八十七磅，可將四寸徑之水柱噴射至一百六十五尺遠，倘噴管關閉，則喉尾之壓力為每平方英寸一百八十九磅。

此礦之選金法，用幹槽一條，配以底流槽二具。而利用汞引法以截留幼金。並用青化金法以提取硫化鐵內所含之金。幹槽首段長二百零八英尺，闊四英尺，深三英尺，襯以木槌突墊。此段之末尾為鐵柵，祇許六分徑以下之砂土流過鐵柵而入於第一底流槽。此底流槽闊十二英尺，長二十四英尺，斜勢每二十四英尺低六寸。此槽以橫木條作突墊，木條之上，鋪以扁鐵，此扁鐵之兩邊，突出於木條旁。砂土既流經第一底流槽後，復滙合而入於幹槽之尾段。其下為半寸孔之鐵篩。篩下為第二底流槽，闊二寸四英尺，長四十五英尺。槽底墊以毛氈，其上壓以橫突墊。所有水銀金粉及硫化鐵等，皆可截留於毛氈上。將毛氈取出洗之，則可將金粉礦砂濯出，聚於大盆中，然後再用汞引法及青化金法提出之。

此礦開採法用噴管射擊河面及岸上之砂土，成為巨穴。穴內之水及砂土等，則以 Ludlum 式之水力舉揚機吸上，流入於溝槽內而淘洗之。穴內之大石塊，則別用一起重槓杆，運以蒸汽機起上之。第二十四圖為礦場之佈置，圖內橫列於山下，由右至左者，為故去河水之吊橋。圖左為屋宇及底流槽二具。中央為礦穴，穴內有水力舉揚機二具，一具吸水，一具吸砂土，全入於溝槽。圖右為噴管射擊處所沖下之砂土，入於柵圍，由柵圍入於木槽，而達於水力舉揚機之下。

### 掘泥船選鑛法

Dredging 凡水平下之沖積層，或河底之金，不能將河水改去，使



礦層顯露者，可用掘泥船將河底砂土，起出於船面，然後用溝槽及底流槽，或捉金桌淘洗之。石塊之不能過一寸徑篩者，可用旋轉篩篩去，再用起重機清除之。掘泥船之樣式有四種(一)爲吸力掘泥船 Suction Dredge 利用離心力之抽水機，Centrifugal Pump 運砂土及

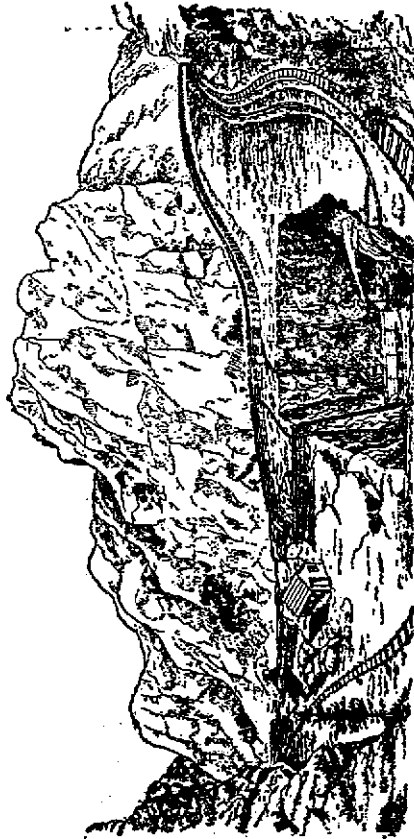


圖 四 十 二 第

水一概吸上。此法南洋採錫最爲通用。有時此抽水機可置於礦穴內，用木支架之，毋須裝於船上。(二)爲連環桶掘泥船，Bucket Dredge 用數十鐵桶相連，循環無端。運以車輪，支以鐵梯，可左右上下移動，以撈取河底及兩岸之砂土。凡河深不及三丈者可用之。(三)爲巨鏟掘泥船 Shovel Dredge 用工字鐵或大木製成一鶴頸式之橫樑。上端繫於高架，可升高落低。下端接於旋轉盤，可左右移動。樑上有巨臂，擎一鐵桶，藉以鏟起河底及兩岸之砂土，此機適用於河水淺處。(四)爲蚌壳桶掘泥船，Clam Shell Dredge 鶴頸式之樑端，懸以蚌壳式之吊桶，桶底分兩邊，可開合如蚌壳焉。吊桶墜入河底，則桶底開而撈取砂土。吊桶扯上時，則桶底合而砂土爲所載而起上。此項掘泥船，適用於海口或深河，水深沙幼之處。但不宜用於石塊多之沖積層，因石塊阻礙蚌殼，往往桶底不能開合也。

### 雙級舉揚機掘泥船

Double lift Dredge 含礫土質之鑛砂，經鐵桶舉起過篩而入於溝槽時，土質往往未能碾碎，故所合之礦物未能分離。欲免此弊，可令砂土再入於第二舉揚機，如離心力抽水機等，土質經過機內車頁及長喉，可完全碾碎矣。美國蒙大拿省 Montana 之班諾 Bannock 金砂鑛，曾用雙級舉揚法，施用於連環桶掘泥船，極有成效。每日二十四點鐘內，所淘洗之砂土爲二千立方碼。所有砂土石塊，先用連環鐵桶起上於旋轉鐵篩，篩眼爲五寸徑。不過篩之石塊，另用起重機除去。其過篩者則吸入於十二寸徑之離心力抽水機，經過一百尺之長喉，然後流入選鑛溝槽內。

凡定購掘泥船之前，必須先將礦床用探鑽或鑿井探驗詳確，然後將下列之情形，詳細佈告於製造廠，方能令其製造合用之掘泥船。(一)爲地質情形，是否沙質土質，礫土質，石塊及沙土混合，或堅硬礫岩等。有無大石，石塊之大者，徑若干寸。由此情形，所以定鐵桶鐵篩起重機等之款式材料。(二)爲鑛層之厚薄，鑛層離水面若干尺。

鑛層之面至鑛層底下之底岩，總厚若干。由此情形，所以定鐵樁鐵梯等之長短。如砂土甚鬆，易於採掘，則較為輕便之材料，可以勝任。如為堅硬之礫岩，則須用鋼桶及重大之機器。如為黏土，則須用雙級舉揚機。如有巨石，則鋼桶須厚而大，篩石之鐵柵，亦必須牢固。如為粗重金鑛等，則祇用溝槽淘洗。如為幼金幼鑛，則必須添用旋流槽及捉金桌等。

沖積鑛層及土質鑛床等，深不逾百尺者，可用人力探鑽探之。此項探鑽，款式甚多，近年美國之紐約工程廠 New York Engineering Co. 2, Rector St. New York 所製之人力探鑽 Empire Hand Prospecting Drill 頗為輕便合用。此鑽可鑽深至一百尺，鑽外徑僅徑四寸。吾國華僑在南洋採錫者，亦多熟悉探鑽情形。但中國內地，尙少施用。西北各省，沖積金鑛不少。西南各省如滇粵桂等，沖積錫鑛尤多。深望有志鑛業者，先行鑽探，然後從事開採，方有十分把握也。

### 水力採鑛與掘泥船採鑛費用之比較

水力採鑛之設備費用較昂。如水塘水溝吊槽水喉等，所需資本較多，但一經設備完成，則採鑛費用極廉。以美國西方各金鑛論，平均每立方碼砂土之採鑛費，不過美銀一分半。若為掘泥船採鑛，則每立方碼之採鑛費為美銀二分二厘半以上。但機器掘泥船之設備較少，且可隨處移動，不若水力採鑛者，祇可施於一處也。

### 南洋選錫法

南洋馬拉半島 Malay Peninsula 產錫為全世界之冠。華僑之採錫致富者，亦不乏人。錫鑛以沖積層為多，錫石苗間亦有之，但不若沖積層出產之盛。沖積鑛層離地面不深，俗謂之隔砂。此項隔砂，離地面不過四五丈者，可用離中力抽水機吸取之。然亦有用人力採掘者，但與機器比較，終覺費大工少。故近年華洋採錫公司，多用離中力抽水機法。錫鑛隔砂，亦有數層，每層厚數尺，其上下夾以碎石及砂土，層厚逾尋丈。欲知隔砂所在，須先穿井試探。但砂土鬆浮，井之

四圍，必須用厚二寸之木板鑲襯。井長九尺，橫四尺半。中分二格，一格起砂，一格起水。橫頭板長四尺五，直邊板長九尺，濶八寸。每掘深八寸，鑲板一套。井深三四丈以至七八丈不等。若遇隔砂，則開橫窿跟尋之，以定隔砂面積之廣狹。除穿井外，亦有用鑽探機採取地下隔砂者，費用雖比穿井為廉，但探驗效果，不及穿井之精確。故每一鑛場，除鑽探數十處外，更須穿井數個，然後隔砂之面積厚薄富瘠，砂土之形狀，石塊之多寡，可罷畧知梗概。隔砂既經探驗，認為有開採之價值，則地面之砂土，如小邱岡陵等，先用水力冲刷削平之。如有錫石鐵錘等，可殺留于溝槽內。地下之鐵屑，則用人力，掘成巨穴。穴內之水及隔砂，用離中力抽水機，同時抽上。流經數百尺長之土溝內，則砂土隨水洗去，鐵質留于溝底。然後將溝底之鐵砂起上于木槽內，用人力洗淨之。抽水機馬力由數十匹以至數百匹不等，水喉由六寸徑以至尺餘徑不等，視工作之多寡而異。抽水機離穴底以八尺為度，則砂土可由吸水喉吸上，若離穴底過高，則不能吸上也。鑽穴既掘深，則抽水機隨之移下。用螺絲連固於木架上。抽水機之上，水喉可接高七八丈以達于地面溝槽上。吸水喉之尾有珠鐵柵，使過大之石塊，不至吸入喉內，有損機內車頁也。依此法探掘之鑽穴，以隔砂離地較淺，不及四五丈者為度。過深則工程艱巨，反不若地底穿窿法之為愈也。欲免穴旁砂土崩陷，故穴之四圍，恆開階級形。穴面濶，穴底狹，由面至底，作階級數重，每級高不逾六尺，濶由三尺以至一丈不等，穴面之四圍，俱掘水溝，遇大雨時，地面之水由水溝導去，不至流入穴中也。鐵砂既經木槽洗淨後，所餘者為錫石及鐵錘，須將鐵錘淘去，方得淨錫石。其法用一鋼線篩載鐵砂數斤，在水內搖動，則鐵錘輕而上浮，錫石重而下聚。此篩之圓徑約一尺，篩旁約高四寸，篩眼為一百目。篩面之鏽既如法洗淨，而篩底之鏽為過一百目之幼鏽砂，尚含錫石微末，可再在木槽內用少量之水淘洗之，所得錫石粉，較粗粒者為次等。用法洗淨之錫鐵砂，恆含錫六成以上，乃在鼓風爐內用木炭熔之，便成錫塊。

## 贛粵選錫法

贛南各縣，龍南定南等處，及廣東之樂昌惠陽五華，近年出產錫礦頗盛，銷售於德美二國，挽回利權不少。錫礦之成因，類多由花岡岩侵入古生界砂岩及千枚岩，起接觸作用而成錫床。其接觸帶再經空氣侵蝕，變為殘餘土質，內含錫礦。土法採錫，多由於此。至若花岡岩內，倘有含錫鉍鐵及硫化鐵等石英苗，但因石質較堅，須經碾碎，方能淘洗，刻下土法採錫，尙未能及此也。含錫礦之土質礦床，經水力沖刮，可將砂土完全洗去，留下錫礦及磁鐵等質，再用磁鐵吸去磁鐵，便得淨錫礦。有水之處，能利用水力沖刮法以採礦者大不乏人。導水之水溝，有延長十餘里。雖無水喉噴管之設備，然水由山頂流下，斜勢急遠，挾帶之砂土量亦不少。採礦者將土錫鬆，則砂土為水沖去，流經地面上之溝槽，則錫鎢自然截留。如此採礦，可省搬運砂土之勞。一人工作，可敵十人。但贛粵錫礦山，無水之處，亦復不少。此則須用穿井開窿法，跟尋錫礦脈，祇取含錫較多之砂土，運至溪邊淘洗，其工程較為艱巨也。土溝截留之錫砂，尙含石碎粗砂等，再取起於木槽上洗淨之。槽長約十尺。頭闊尾狹，頭闊三尺，尾闊一尺，槽旁高六寸。槽底斜勢每十尺約高一尺，槽體有橫板高四寸。橫板之外為水池，用土石築成。池外為水閘。閘外為水溝。將閘啓閉，可任意放水多少入槽內。水流經槽頭之橫板上邊，成為極平而薄之水簾，射下槽內之砂土，故水力均勻，不至有崎深崎淺之虞。槽上有人企立，以鋤頭頻頻刮砂土使回向槽頭，則錫質重而下墜，留於槽底，砂土輕而上浮，流出槽尾。留下之錫質，可再取起。其粗粒者可用鐵篩混洗之。篩為圓形或方形，旁邊高三寸，篩眼為十目。將錫砂置篩內，在水內搖動，則石碎居於上層，錫塊聚於下層。其過十目之幼砂，可在槽內再洗淨之。錫篩洗淨後曝乾，再用磁鐵除去鐵質，所除之淨錫砂，通常含氧化錫六十五度力以上，可直接發售矣。

## 湖 南 選 錫 法

湖南資江流域，實屬新化安化益陽等縣，錫礦產額，冠於全球，其地質為古生界石英砂岩，褶皺劇烈。碎錫礦塊，藏於褶裂縫內，與土質混和。礦脈大小斷續，殊不一致，俗名為瓜腦礦。錫石掘起後，洗去泥土，再用小槌敲去石質，揀出淨礦。其有輝錫小粒，藏於石內者，則將錫石舂碎過米篩眼。再用一竹製之密篩濯洗之。篩為圓形，徑約一尺八寸，旁邊高五寸，篩底為細密竹條編成，托以粗竹使堅固。洗法將錫砂約十斤，置於篩內，再用一大桶貯水，將篩在水內搖動之，則砂輕而上浮，礦重而下墜。此法與南洋之銅篩洗錫，贛粵之用鐵篩洗錫，用意相同，實則漿汰機 Jigging machines 之意義也。

### 第三章 石質鑛床之選鑛

未經風化之鑛床所含鑛物或藏於母岩本身，或夾於石英苗或雲母石英脈內，鑛物為石質包含，須將石質碾碎，方能便鑛物分離，以便於淘洗。此項鑛床，大概可分為三類（一）為岩汁分泌鑛床 Magmatic Segregation，鎔岩由地心湧出，遇冷凝結，鑛物分泌而出，私聚於鎔岩之四周及裂縫內。此項鎔岩，多屬於花崗岩或隕性火成岩。（二）為接觸鑛床 Contact metamorphism。鎔岩侵入於水成岩內，呈接觸作用，水成岩變為變質岩，其與鎔岩接近處為接觸帶，石質多已變更，代以有用鑛物。此項鑛床無定形，但皆不出接觸帶內。水成岩多屬於灰石岩，而侵入岩恆為酸性火成岩。（三）為鑛苗 Fissure Veins。母岩受外力逼壓，裂成罅隙。此罅隙之空位，其後受溶液之灌注，Filling 或鑛物之替換，Replacement 成為鑛苗。此項鑛苗，除主要鑛物外，所含雜質為石英雲母方解石螢石及石榴石等。凡此鑛床，所含岩石及雜質成份，恆居大半，而有用之鑛物，祇佔少量。須將鑛物與石質分離，方合於提煉。石質鑛床之選鑛手續，可為三層。（一）碎石，Rock Crushing（二）篩砂 Classifying。（三）選鑛 Concentrating。

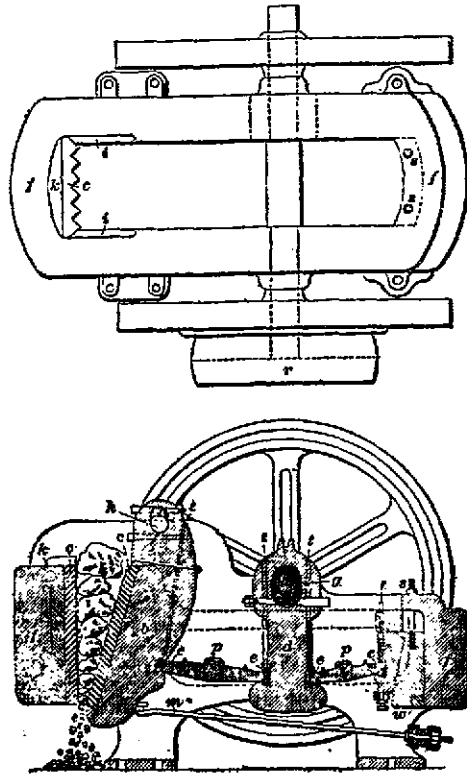
#### 碎石機器 Rock-Crushing machinery

碎石機器分為粗碎石機 Coarse-Crushing 及幼碎石機 Fine-Crushing 二類。由大塊鑛石壓成碎塊，大不逾一二寸徑者，以粗碎石機碎之。粗碎石機之款式甚多，惟尋常通用者祇有三款。（一）為開合壓石機 Blake Crusher（二）為搖動壓石機 Dodge Crusher（三）為旋轉壓石機 Gyrotory Crusher。幼碎石機將石塊碎成粗粒幼砂幼粉等，種類亦多，大致可分為四種（一）為碾石輾 Crushing rolls，凡鑛石祇須壓成粗粒，過八目篩眼者用之（二）為舂槌 Stamp mill。（三）為磨石機，Roller mills 磨石機又分二款，（一）為智利磨石機。

Chilian mill (二)爲亨廷電磨石機, Huntington mill 凡鑛石須碎成幼砂,能過三十日至四十目篩眼者,用春槌或磨石機碎之。(四)爲研石機 Pulverizer 將鑛石研成幼粉,能過六十目以至二百目篩眼者用之。常用之款式爲彈丸研石機 Ball mill。

### 開合壓石機

第二十五圖爲開合壓石機 Blake Crusher 之平面及旁面圖。其口



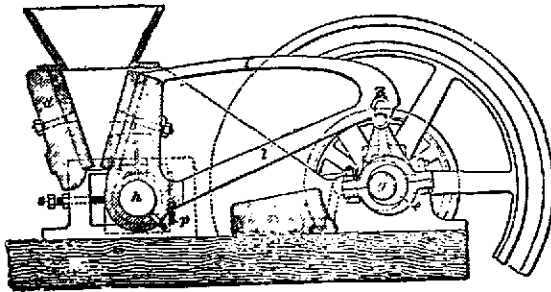
第二十五



有牙床，可開合。圖內 *b* 爲牙床，*b* 爲開合樞紐，*p e* 爲杵臼式之伸縮鉸，*d* 爲中杵，*g* 爲歪輪。此歪輪旋轉時，中杵隨之上落，中杵上行，則 *p* 杵向兩邊伸縮，而牙床合，石塊因而壓碎。中杵落下，則 *p* 杵向兩邊收縮，而牙床開，石碎從開口墜落。*e* 鉸爲鋼製，須常注以油，其油從 *t* 孔塌下。*m* 爲連接桿，一端接於牙床，一端伸出於架後，配以彈弓，所以令 *p* 杵收縮時，牙床即彈開也。牙床鑲以鋼片 *c*，片而有凹突痕如牙狀，以便碎石。鋼片用壞後，可改換新片。*c* 片之後及兩旁，墊以背片 *k*，傍片 *i* 適合於 *f* 鐵架內，所以夾持 *c* 片，勿令移動也。架之尾端有楔形鋼片 *w* 及螺絲 *s* 可較高低，而牙床開口之大小隨之而定也。此項壓石機，每分鐘旋轉二百二十五至二百五十回轉爲度。

### 搖 動 壓 石 機

Dodge Crusher 第二十六圖爲搖動壓石機之旁面圖，藉牙床之搖動以壓石。圖內 *e* 爲歪輪，*g* 爲旋軸。歪輪旋轉時，搖動橫桿 *l*。此橫桿與牙床 *b* 鑄成一體，而以 *b* 爲樞紐。*a* 爲不動之牙床，屬於鐵架之一部份。牙床之面，鑲以鋼片，以便壓石。樞紐 *h* 之軸，兩頭套入於走動箱。此走動箱之後爲墊片 *P*，使走動箱緊壓於鐵架。其前



第 二 十 六 圖

為螺絲 S，將螺絲旋轉，則走動箱走前走後，而牙床之開口，或開或埋，可隨意較闊狹，以定碎石放出之大小。螺絲 S 配以鎖緊羅絲母，凡遇壓石時，旋緊此羅絲母，勿令螺絲 S 移動。此項壓石機每分鐘旋轉以二百至三百五十回轉為度。

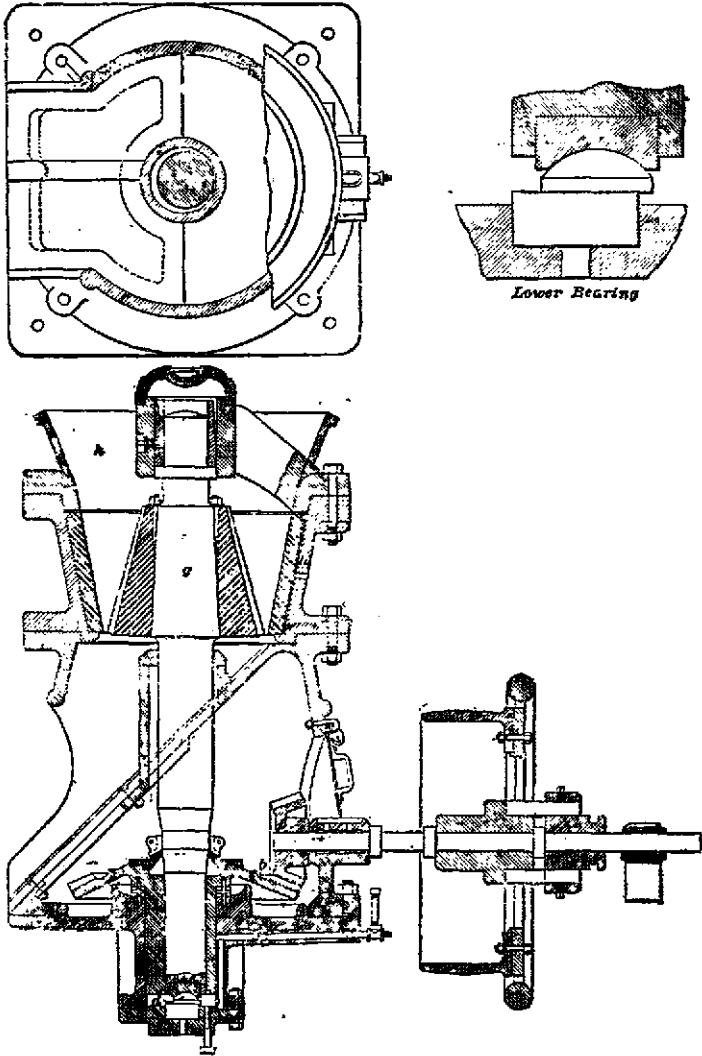
開合壓石機及搖動壓石機之比較。開合壓石機，碎石甚速，惟牙床一開一合，出口狹闊懸殊，故所出之碎石或大或小，殊不一致。搖動壓石機之出口，可較闊狹，所出碎石，大小一致，惟碎石頗緩，故宜用作副壓石機，介於開合壓石機及輾石轆或磨石機之間，將石塊再壓碎，以便輾磨也。開合壓石機之震動力甚大，宜另置一處，勿與其他建築品相連，以免因震動力損壞也。

### 旋轉壓石機

Gyratory Crusher 第二十七圖為旋轉壓石機之旁面及平面圖，藉旋轉力以壓石。圖內 h 為圓錐式之漏斗，接受石塊。漏斗之內面襯以鋼片。中央為圓錐式之旋轉頭，以鋼鑄成，套於旋轉軸 g 上。此旋轉軸之下為活動支架 d，可偏轉左右，令 g 軸旋轉時，其上之旋轉頭與斗底距離，忽遠忽近，故碎石得經由其間之空隙而墜下。斗口之空位甚闊，故大石亦可接受。由此而下，逐漸收狹，至出口時為極狹之空隙，故石塊須經壓碎方能放出。此項壓石機之動力，連續而均勻，故無震動力。且壓石甚速，適用於規模較大之選礦廠及土敏土廠。其壓石量每點鐘由一噸以至二百噸，視機器之大小而異。其所出之碎石由一寸徑以至二寸餘徑。

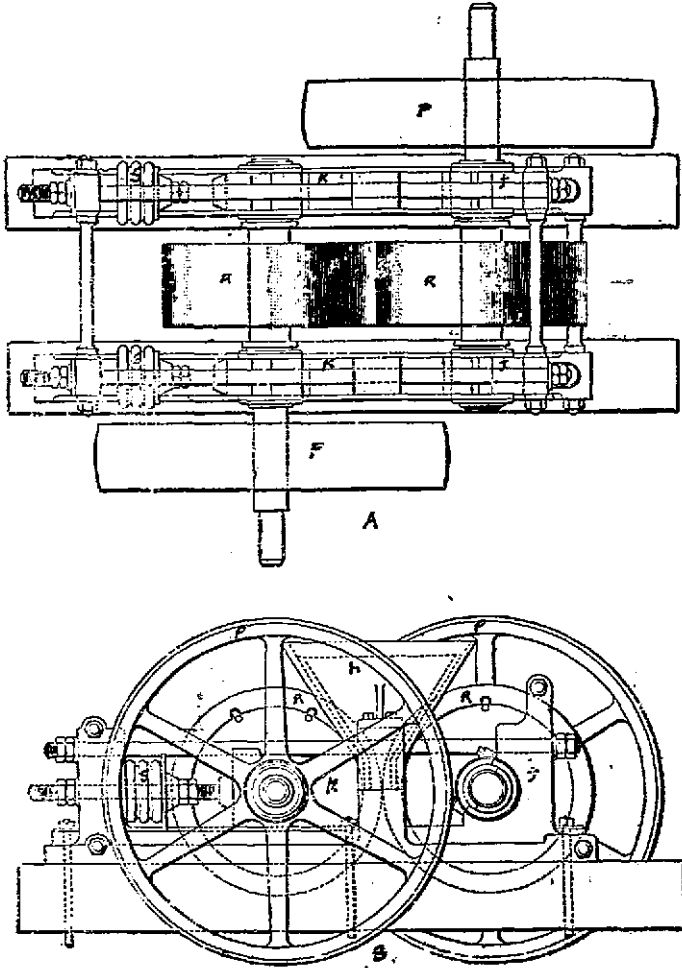
### 碾石轆

Crushing Rolls，凡礦物結成粗晶，如方鉛輝鎊銅硫銻錳鐵等，晶體通常有二分以至半寸徑者，則鑄石紙須碾或粗粉，便能使礦物與砂石分離。此粗粒礦物碎石等，用跳汰機淘洗之，則可分出淨礦在下層，含礦物微點之粗砂在中層，砂石在上層，至於中層之含礦



第二十七圖

粗砂,可再用磨石機碎成幼砂,然後用洗砂桌淘洗之。碎石成粗粒之機器,以碾石機為最合用。第二十八圖, A 為碾石機平面圖 B 為



第 二 十 八 圖

碾石機側面圖。機身爲一強固之生鐵架。內有碾石輥二具如 R，一前一後。兩輥之面，相貼而平行。其中央各有軸，兩端套於軸套內。後輥之軸套爲鐵架之一部份，如 j，緊合於鐵架內，不能移動。前輥之軸套，鑲於走動箱內如 K，可走前走後。箱之前爲強力彈弓 S，以四分至八分徑之鋼條，捲成螺旋式柱形套，中貫以軸，兩端有螺絲，可將彈弓放鬆或收緊。此彈弓收緊時，能將走動箱推後，使前輥與後輥緊貼。此彈弓之壓力各約二萬磅，兩彈弓合成四萬磅。故石塊經過兩輥之間，受數萬磅之壓力而碾碎。p 爲皮帶輥，一爲直行皮帶，一爲交叉皮帶，使兩輥相向而旋轉。亦有賦用一皮帶，而藉齒輪轉動彼輥者，但齒輪必須極固，方不至有缺齒之患也。h 爲漏斗，接受石塊。石塊之大者以不過一寸徑爲度，否則跳去不能過輥也。如石塊內夾有鋼鐵如鎚頭鑿嘴等，則不能碾碎，但逼壓彈弓，使前輥離開，而此鋼鐵過去也。如石塊爲極硬之石英苗，則彈弓壓力宜大。此壓力以輥面之闊度計算，輥面每寸闊，須有四千磅以至四千八百磅之壓力。如石塊不甚堅硬，則每寸闊祇有二三千磅壓力，便能碾碎矣。

### 高速率碾石輥

High Speed Rolls 舊式之碾石輥，爲圓柱形，輥面闊而輥徑小。面闊則兩端之彈弓壓力須大，方能碾硬石。假如面闊十六寸，每寸闊須有四千磅壓力，以十六乘四千總共須有六萬四千磅壓力。每一彈弓須有三萬二千磅壓力。每一走動箱內之軸套，所受之壓力如之。軸套內受此巨大壓力，其磨擦力甚大，而熱度甚高，偶然得油不到，則套內之銅襯每易燒壞，卽不然，亦用油甚多，而銅襯須頻換，非節儉之策也。新式碾石輥則免此弊，輥徑大而輥面狹，成爲圓輪形，徑約五六十寸，而面闊不過七八寸。其兩端所受彈弓壓力減少一半。故軸套所受之壓力小而耐用。但因輥徑增加之故，輥面走動極速，碎石過輥亦快，故碎石量亦可增加。惟輥徑既大，則運用之皮帶輥

亦須加大，方能轉動。如碾石輥徑四十寸，則皮帶輥須為五十寸徑以上方可也。此項碾石輥每分鐘旋轉九十回以至一百五十回為度。

碾套 Roll Shells 碾面與硬石相壓，損壞甚速，故恆用硬鐵 Chilled-iron 或熟鋼作套，Wrought steel Shells 鑲於生鐵鑄成之碾心外，以作碾面，方可與硬石相磨擦。此項碾套，用壞時可改換新套。倘套面有凹突，則不能將石塊碾成幼粒，祇可碾成粗粒。故有用舊套碾粗粒，而新套碾幼粒者。如為熟鋼套，則套面有凹突時，可用車床刨之使平滑，仍可再用。俟後可再刨再用，至鋼套刨至六分厚時，則不能再用了。

碾石輥之理想碎石量 Theoretical Capacity of Rolls 碾石量之碎石量，可照下列公式計之。

$$Q = \frac{d\pi nlw}{4} \quad (\text{公式九})$$

式內  $Q$  為碎石量，以每分鐘若干立方英尺計。 $\pi$  等於 3.1416。 $n$  為每分鐘旋轉若干回數。 $d$  為輥徑， $l$  為碾面之闊。 $w$  為兩輥間碎石經過之厚度，俱以英尺計。如為寸數，則以十二除之，折合英尺，方可入算也。 $\frac{1}{4}$  為係數，因石塊加入，斷續不齊，而每塊碎石之間，倘有空位，故碎石量估計祇得四分之一也。但此為理想之碎石量，實際上恆不能及此。

設如碾石輥徑四十八英寸，而闊六英寸。兩輥間之距離為  $\frac{1}{4}$  英寸，故碎石經過兩輥間之厚度為  $\frac{1}{4}$  英寸。此碾石輥每分鐘旋轉一百回，求碎石量若干。

$$48 \text{ inches} = 4 \text{ ft. } 6 \text{ in.} = \frac{1}{2} \text{ ft. } \frac{1}{4} \text{ in.} = \frac{1}{4 \times 12} = \frac{1}{48} \text{ ft.}$$

$$Q = \frac{1}{4} \times 4 \times 3.1416 \times 100 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{48} = \frac{314.16}{96}$$

$$= 3.27 \text{ Cu.ft.}$$

求得每分鐘之碎石量爲三。二七立方英尺設如每立方尺重一百磅，每噸重二千磅，則每點鐘能碎石九噸八一，可過  $\frac{1}{4}$  英寸篩眼。

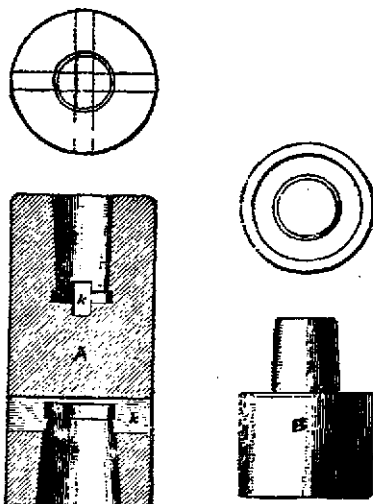
## 春 槌

Stamp mill 幼碎石機之沿用最久，而功效最大者，其惟春槌乎。最單簡之春槌，爲獅間之水碓，其創設不知始於何年代。現今礦業振興，春槌之改良，大有蒸蒸日上之勢。除墜力春槌外，Gravity Stamp 尚有汽槌 Steam Stamp 及壓氣槌等，Pneumatic Stamp。墜力春槌，適用於金礦。汽槌用於銅礦。壓氣槌則英國克林威爾 Cornwall 之錫礦沿用之。各項之功效不同，故用途亦異。汽槌及壓氣槌碎石之量多，而查出幼粉少，Slime，故礦物之須經淘洗者恆用之。因幼粉多則不易截留也。墜力春槌，構造單簡，成本較輕，惟產出幼粉甚多。但金銀礦石之可用汞引及膏化方法者，及硫化礦物之可用浮油選礦者，則幼粉無礙於提煉，故恆用墜力春槌以資簡便。

墜力春槌之構造，大致可分五部，(一)爲槌，Stamp (二)爲臼，Mortar (三)爲弓背車撥及旋轉輪軸，Cam, Pulley and shaft (四)爲木架 Wooden frame, (五)爲底墊，Battery Blocks 全副春槌，以五枝或十枝槌，同置於一架上。其下爲公共之臼，名爲春槌陣，Stamp Battery。

## 槌 之 構 造

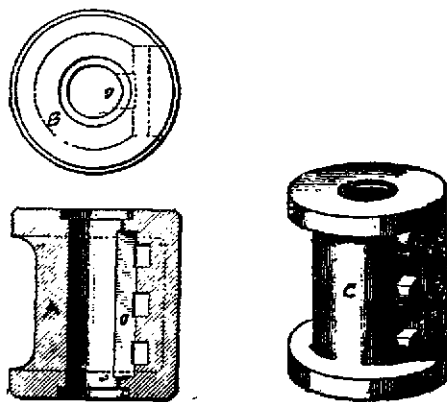
槌之構造復可分爲四件，(一)爲柱，Stem (二)爲槌頭，Head or boss (三)爲槌腳，Shoe (四)爲抱箍，Tappet。柱長十尺至十四尺，徑約二寸半。上下兩端削尖，成半截圓錐形，故上下端可調換。下端緊套於槌頭之圓錐形孔內。此槌頭之下端，復有一較大之圓錐形孔，所以容納槌腳之凸筈。惟凸筈較孔爲小，其周圍空位用堅木或韌竹作楔形條運緊，則槌腳緊套於槌頭，不能脫離。如第二十九圖，A 爲槌頭，B 爲槌腳。此槌頭上端之錐形孔，復有橫孔 k。此橫孔之用途，乃



第 二 十 九 圖

欲使槌頭與柱脫離時，將楔形鐵匙插入此橫孔內，用錘擊之，則柱端逼開而脫離。錘頭之下端亦有橫孔k，其用途亦如之，所以用匙逼開錘脚也。柱之上截，鄰近弓背車撥處，有一抱箍，抱緊錘柱。此弓背車撥轉上時，舉起此抱箍及錘柱錘頭錘脚等。同時令全錘器為轉動，所以令錘脚與石層相撞處，受力均勻，不致因石層凹凸不齊，而損壞錘脚之一邊也。弓背車撥轉過後，全錘自行墜下，其力甚猛，故最堅之石亦可擊碎。第三十圖 A 為抱箍剖面圖，

B 為抱箍平面圖，C 為抱箍外面圖。此抱箍以生鐵鑄成，中央鑽孔，適可套於柱外。孔旁有匙g 匙旁有三個橫孔，配以楔形鐵匙三條。將此楔形鐵匙用錘撞緊，則g 匙緊抱



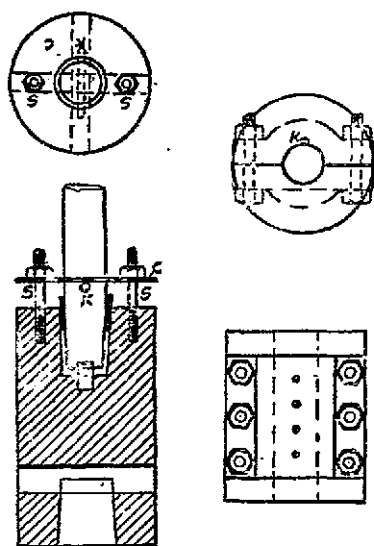
第 三 十 圖



鏈柱，而全籠為穩定，不能脫落。全籠之重，藉此  $g$  匙抱緊，故此匙須以鋼製之。且抱籠之孔及匙面，須用車床削削，適合於鏈柱之外週，臨用時又須撞逼極緊方可也。如槌脚因用久損壞，較前為薄，則抱籠之位置亦因而降低。弓背車撥，舉此抱籠之位置不能適合，則須將此抱籠之匙敲鬆，提高抱籠，使車撥位置適合，然後再撞緊，方能照常運用也。槌脚尋常用硬生鐵「即白生鐵」鑄成，徑約七寸以至八寸餘，厚約六七寸。因用久損壞，祇餘三四寸厚，仍可藉用。但若槌脚之底面凹突不勻，或偏高偏低，則碎石之効力大減，宜改換新者矣。弓背車撥舉起槌柱時，令全槌器為轉動，即所以使槌脚之底面，如有損壞，亦四週均勻，不至偏高偏低也。槌脚亦有用麻鋼 Chrome Steel 鑄成者，比生鐵耐用數倍。但槌脚既用鋼鑄，則臼底之砧亦須用鋼鑄，方可耐用也。鏈頭通常用軟生鐵「即黑生鐵」鑄成。抱籠亦然。因黑生鐵可施鑽削，而硬生鐵則不能也。鏈柱用軟鋼或熟鐵造成，外週車削光滑，以省磨擦力。

### 鏈柱之改良

著此書者以數年存槌器之經驗，每感於槌頭之易脫，而抱籠走離原位，工作時間，因而停頓，常起困難。厥後悉心研究，得一善法。於槌頭面上，在錐形孔之兩旁，離周邊寸餘處之地位，各鑽金孔一圓，深約二寸，絞以五分羅絲牙，如第三十一圖 A。再用兩條五分羅絲 S 穿過圓鋼片 C。（此片厚約一分半）而入於槌頭之羅絲孔內。將羅絲絞緊，則羅絲頭緊壓鋼片 C。此鋼片 C 復緊壓於槌柱之橫門 K。此橫門為五分徑之圓鋼條，橫貫於槌柱之圓孔，兩頭突出柱外寸餘。絞此羅絲時，先將全籠起上墜下數次，則槌柱及柱脚四週之楔形木條撞緊於槌頭孔內。然後再將羅絲絞緊之。如此接駁牢固，永無脫落之虞。至於抱籠之改良，則將此籠用黑生鐵鑄成開邊式，如第三十一圖 B。兩邊用六分徑羅絲絞緊，使此籠緊抱鏈柱。柱上有橫門 K，為圓鋼條製成，橫貫槌柱，兩頭突出柱外三分。此橫門徑約五分，



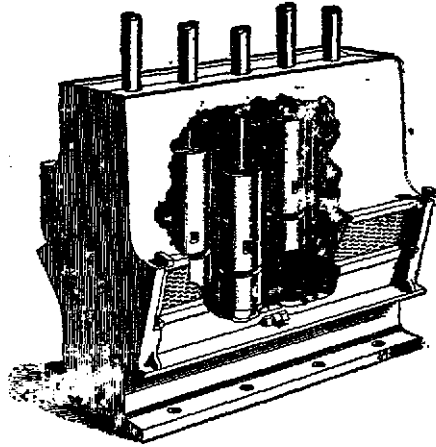
A

第三十一圖

兩頭適入於抱箍內週之圓孔內。此抱箍之兩邊內週向柱處，各鑿五分徑五分深之圓孔一行，共三個或四個，每個上下相距寸半。先將最上之孔套入橫門，則抱箍之位置為最低。運用既久，槌脚因損壞減去寸半厚，則將此箍提高寸半，使其下之孔套入橫門內，而再較緊之，如是則與弓背車撥之位置適合矣。此項抱箍，運動時永無走離原位之虞，而槌柱起落之高度為有常矣。

## 白

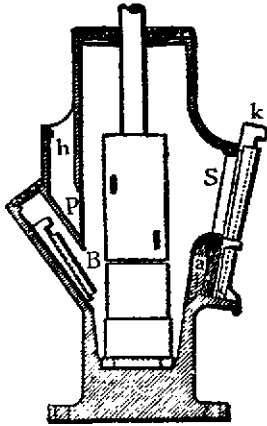
白以生鐵鑄成，其外形畧為長方形。如第三十二圖為白之外形，中央一部份割穿，以便表示其內容。每五枝槌同一白，故白內有五個砧 Dies。砧面常有碎石放入，全槌向砧面墜下，舂石成幼砂。砧下為白底，兩旁有孔四個，螺絲由此孔穿入，將白連固於底墊之木樁，以資穩固，砧之四圍為白旁。白旁有長方形放砂口，蓋以鐵篩。白內常注以水，幼砂之能過篩眼者隨水放出。砧面離放砂口高低不等，



第三十二圖

離放砂口四寸以至六寸高者謂之低放砂口，Low discharge 離放砂口八寸以至十六寸高者，謂之高放砂口，High discharge。臼旁有一面開口放砂者，謂之單面放砂臼，Single-discharge Mortar。有兩面開口放砂者謂之雙面放砂臼 Double discharge Mortar。

金銀鑛石須舂之極幼，方能使金銀微點與砂石脫離，而與水銀混和成爲汞膏。此項方法，名爲汞引法，汞引有在臼內舉行者，名爲臼內汞引法 Inside Amalgamation。此種款式之臼，名爲汞引臼 Amalgamating mortar。汞引臼祇有一面放砂，且放砂口離砧面，通常有八寸至十六寸之高。如此則舂成鑛砂極幼，而放砂極慢，金銀微點有時候與臼內之水銀銅板相貼近，而與水銀混合成汞膏。如第三十三圖爲汞引臼之橫截面形。在放砂口之下與砧相向者，爲前水銀銅板  $a$  此銅板爲厚一分之銅板，面上用電鍍法鍍純銀質一層，其上再用水銀鍍上，此銅板釘於厚木板上，與鐵筒相靠貼，遮蓋放砂口之下截。S 爲鐵筒。k 爲匙，用以壓緊鐵筒，使與放砂口邊貼密。將匙抽



第三十三圖

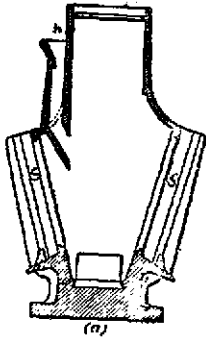
上，則鐵篩及前水銀銅板，俱可除去。此水銀銅板之濶狹，即所以定放砂口之高下。如砧面因損壞而低下時，則此銅板改換稍狹者，使銅板上邊放砂處，與砧面相離，有規定之高度，而放砂量不至變更矣。白之後邊更有水銀銅板B名為後水銀銅板，亦用匙緊壓於白之後牆。其上為入石孔b，石塊從此放入白內。孔下有護盾p，使石塊射落砧上，不至撞擊銅板面也。

### 汞 引 白

汞引白創設於美國卡路拉杜省之基路便地方 Gilpin County。蓋其地所產之金鑛石英苗，金粒為極細之微點，藏於硫化鐵晶體之罅隙內，其體極幼。倘任令流出白外則從水面浮去，不能與白外水銀板相接近而成汞膏。故此水銀板須置於白內，使金質微點因吞槌下撞之力直射於水銀板面，而與之混合。但欲令多量之金點，能為白內水銀板所吸引，則此金點在白內之時間，必須延長，使得有機會而被射於水銀板面，故吞石量因此而減少。假如尋常春槌每點鐘能吞石壹噸者，在此白內吞之，則每點鐘不過半噸。蓋汞引白之放砂口既加高為十二英寸至十六英寸，則放砂自慢，而吞石量因此而減。但放砂口既加高，則春槌由高墜下之高度亦須加高，為十六英寸以至二十英寸。而春槌之重則減輕，約為每枝重六百磅。墜下之次數亦減少，為每分鐘三十次。此項高放砂，高墜落，輕槌，慢墜之款式，名為基路便春槌式，Gilpin County Battery。石英苗含金粒較粗，容

易沉墜者，則毋庸在白內施行汞引法。此項鑛石，在白內舂幼，經過放砂口之篩眼，流出白外之水銀銅板，則金粒下墜，而與水銀混合成汞膏。此水銀銅板，盛以木槽，緊接於放砂口外之白唇下。槽長六尺至八尺，闊等於白唇，槽旁高六寸。銅板厚半分，長闊與槽相等。銅板面用電鍍法，鍍銀一層，每丁方尺，約鍍銀一兩。銀面上再施水銀。全板用木螺絲釘連固於槽底。板面須極平，無凹凸，方合用。板之斜勢約每丈低一尺。左右須平，流水挾帶鑛砂，流經板面，須成一層極勻而薄之水簾。砂石及硫化鐵質等，適能流去，無遮蓋板面之弊，庶金粒能與板面水銀相接近。此項水銀銅板，名為唇板 Apron plate。用此法引金，名為白外汞引法 Outside Amalgamation 美國加尼克尼亞省之金鑛，適用此法。蓋其地之石英苗多產粗金，易於沉墜也。此項春槌，既無須在白內施行汞引法，則春石以愈速而愈妙。故放砂口低，離砧面約四寸至六寸。春槌墜下之高亦減少為六寸至九寸。而春槌則加重，每枝重八百至壹千壹百磅。墜下次數亦頻，每分鐘墜下八十次至一百次。且用多量之水沖撞幼砂，使噴出篩外，以求增加放砂量。此項低放砂，低墜下，重槌，遠墜之款式，名為加尼克尼亞春槌式 California Battery。近日選金習慣所用春槌，介乎基路便式及加尼克尼亞式之間。汞引法則內外兼施，白內既有前後水銀板，白外亦有唇板。而放砂口離砧面高約八寸，春槌墜下之高約九寸，槌重九百五十磅，每分鐘墜下九十次，此項春槌適用於尋常金鑛苗，含自然金及硫化鐵質者。

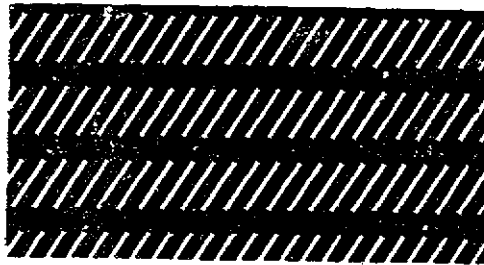
其他非金銀礦物，如銅錫鉛銻鋁鎢等亦有用春槌春之，然後選鑛。亦有先將鑛石過碾石機，經跳汰機淘洗，取其在中層含鎊之粗砂，再用春槌春之，使鎊砂與石質分離。此項鑛石毋須汞引，且為避免多產幼粉計，故春石以愈速而愈妙。白兩旁俱開口放砂，篩眼亦大，通常二十目以至四十目平均約三十目。即每一英寸長，有三十孔，每平方英寸有九百孔也。放砂口離砧面高不過四寸。水量亦增多以耐砂能速放。此項雙面放砂白，如第三十四圖所示，為其橫截



第三十四圖

面形。S爲放砂口之篩。h爲入石孔。其下爲護唇，使石塊射落粘上，不至撞擊篩面也。

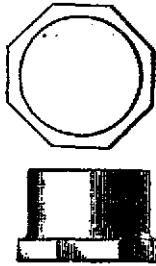
放砂口之篩用於金鑊者，篩眼常密，通常由三十目以至六十目。此項篩面，受碎石之撞擊，每易穿壞，每半月約須換一次。故篩片另鑲於堅木架內，恰與放砂口適合，而用匙壓緊之，如上文第三十三圖所示，則篩架容易除出，而篩片可替換。篩片有用鋼線或銅線織成者，放砂較易，但抵抗碎石撞擊力甚弱，容易損壞。故祇可用於高放砂口及闊大之臼，篩片離貼面較遠者。若爲低放砂口及狹臼則恒用撞擊之銅片或銅鋁合金製成之片，眼爲圓形，或斜錐形，如第三十五圖。



第三十五圖

### 白底之砧

Dies 白底砧所以緊貼碎石，適受春槌撞下之力，而易於春碎也。砧爲圓柱體。底作六角形或八角形。圓徑與槌腳之圓徑相等，故槌

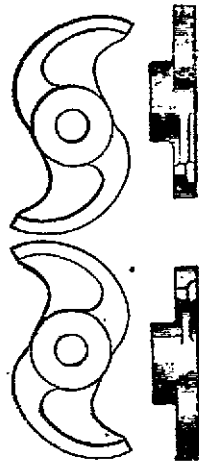


第三十六圖

脚與砧之面積相等，而位置適相對合。砧高約五寸，六角之底約厚一寸。兩砧之間，以楔形整木逼緊六角邊，則距離有規定，而砧不能轉動。如第三十六圖為砧之平面及側面圖。砧脚六角形較砧身之圓面為大，六角形前後之角尖，適可容納於白底之淺槽。而其兩旁之六角邊，則用木楔與鄰砧相逼緊。砧若因用久而損壞，可除去木楔，取出舊砧，改換新者。各砧之面宜一律平高，故換砧時須一律改換。或其中祇有一砧破壞，則擇一舊砧與其餘各砧等高者換之。砧用白生鐵或麻鋼鑄成，較槌脚為耐用，故不必頻換。

### 弓背車撥及旋轉輪軸

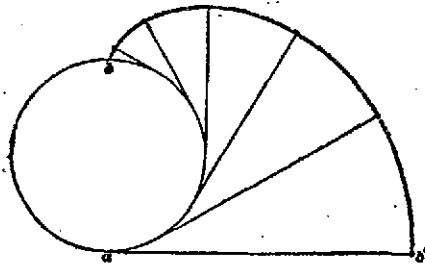
弓背車撥所以舉高槌柱之抱箍，令全槌舉高而復墜落也。春槌下墜之高低，以車撥兩臂之長短定之。如第三十七圖為右旋及左旋弓背車撥圖。上圖之車撥向左旋轉。下圖之車撥向右旋轉。兩臂作弓背形。中央作圓輪形。輪心有孔，適可緊套於輪軸外。車撥之兩臂旋平時，抱箍底之位置與撥心圓輪之頂邊平高。車撥之背旋至此際，漸與抱箍底相接觸，抱箍即沿臂而上行，由臂背以達臂尖為最高之位置。一過臂尖，則抱箍無所支柱而自由墜下。故臂尖與圓輪邊之距離，即為春槌舉高墜下之高度。假如春槌下墜之高為十寸，撥心圓輪之半徑為五寸，



第三十七圖

則臂尖與圓輪邊之距離為十寸，與軸心之距離為十五寸。兩臂尖相距三十寸，為此車撥之長度。全徑十寸為車撥之濶度。車撥兩臂厚約一寸半至二寸。撥心圓輪厚約五寸，向抱籠之面，輪面與臂面平，其背面則突出於臂面三寸，如第三十七圖之側面圖所示。

車撥之弓形曲線，乃依繞圓曲線製之 Involute of a circle 如第三



第三十八圖

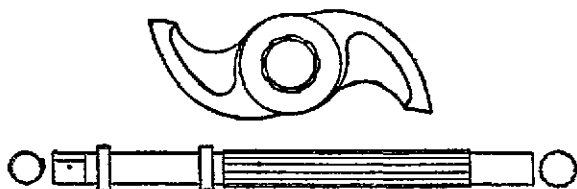
十八圖  $a b$  為環繞一圓之線，此線初繞於圓周，繼而逐漸解放則此線之被纏畫成曲線形，此曲線一名為繞圓曲線，即用以作車撥之

弓形曲線。畫法先畫一圓圈  $b a$  其半徑之長度，等於車撥輪軸之中心，與槌柱之中心相距離之遠度。次在此圓周上由  $b$  而  $a$  截作一二三四五六等相等弧。每一弧作一切線。次在每一切線上截成各弧之長度。即如第一切線等於一弧之長，第二切線等於二弧之長，第三切線等於三弧之長。第四五六切線各等於四五六弧之長。次將各切線之尾端，用曲線弧聯作平滑之曲線，即為所求之繞圓曲線。

弓背車撥全套於一公共車軸上，而兩臂之位置各殊，故各槌起落之先後不同，以所動力均勻不至有畸輕畸重之虞也。五頭春槌墜下之次序，依下列之次序定之，一，四，二，五，三，即第一槌先落，次為第四槌，而第二第五第三槌繼之也。十頭春槌則依下列之次序定之，一，八，四，十，二，七，五，九，三，六，即第一槌最先落，而第六槌最後落，如此循環不已也。公共車軸之長，須橫過五頭或十頭春槌陣之木架，而突出一頭，以便裝置皮帶輪。車軸之徑約三寸餘以至四寸餘，依存槌之輕重多少而異。皮帶輪恒用木製，鑲以鐵心。轆徑恒



倍於車撥之長。故皮帶輪甚大，徑約六十寸以至七十餘寸。面輪亦潤約十寸半以至十六寸半，以便容納十寸或十六寸潤之皮帶。因春槌為重物，須有潤皮帶始能運動也。支柱此車軸之軸架，用二具或三具。五頭春槌用二具，十頭春槌則用三具，因中央柱架多置一具也。軸架為自來油式，架中空，盛以油，其上為銅製軸套，套上為架蓋，套外有銅線製成之油圈，此油圈之一部份與車軸相切而旋轉，且能將油帶至軸上也。每一車撥配以二匙，緊與車軸之匙溝貼合，而不能移動。此匙溝之位，在軸週上相距約一百二十角度。但亦有將車軸外週削成多邊灣面柱形而車撥之軸孔亦削成多邊灣面孔，適可緊套於車軸上，而不能轉動者，此項款式，名為自緊車撥，Self-tighten Cams。如第三十九圖為自緊車撥及車軸之畧形。此項車撥

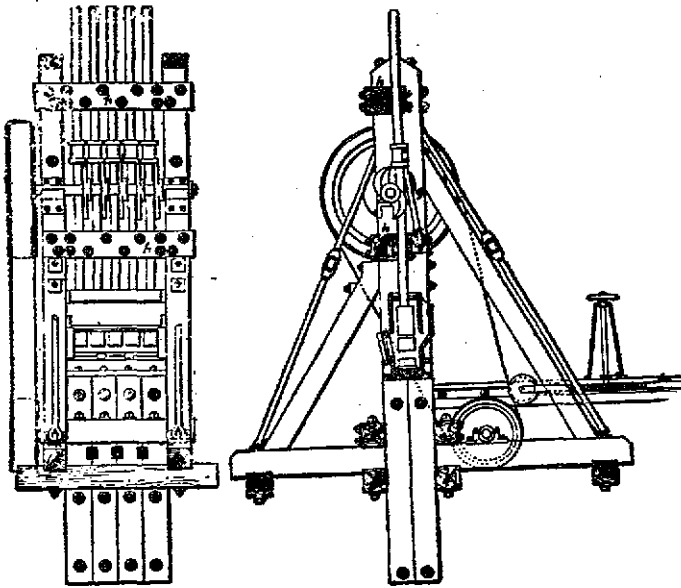


第三十九圖

之裝置及拆卸，頗省工作。因裝置車撥時，祇照兩臂規定之位置，套於軸上，而以鐵片密為逼緊，使之不能向左右移動。至於軸心之多邊灣面，則自能掣止此車撥之在軸上旋轉也。

## 木架

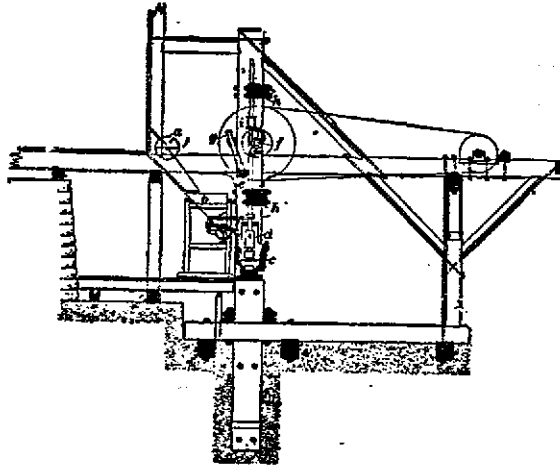
春槌之架，恒以木為之，亦有以鐵製者，惟春槌之震動力甚大，鐵乏彈力，容易震鬆，故不若木架之耐用也。木架有為A字式者A frame以一中柱二斜柱一底樞合成，如第四十圖。亦有膝狀式者，Knee frame以一中柱二旁柱一橫樑一底樞合成，如第四十一圖。白在中央，其旁為木架。五頭春槌祇有一白，故左右各一架，而以橫木聯貫



第 四 十 圖

之。十頭春槌有二日，故左右及中央共三架，以橫木聯貫之。中柱以十二英寸乘二十四英寸橫截面之巨木爲之。橫樑底樑及斜柱則以十二英寸乘十二英寸橫截面之巨木爲之。旁柱及橫木較小，以十二英寸乘八英寸之木爲之。橫木有四條。上二條如第四十一圖 b，所以聯貫柱架及裝置槌引，Stamp-guide。下二條所以聯貫柱架及夾緊底架之木格。膝狀式之木架比較 A 字式爲勝。A 字式木架其相對輪軸 Counter shaft 恒置於底樑上之輪架，在弓背車撥輪軸之下。皮帶斜吊，抱力較少，故須添配拉緊機 Tighten Pulley 始能抱緊皮帶，使之轉動，而車撥帶以起落也。惟膝狀式之木架，則相對輪軸與車撥帶同在橫樑上，皮帶平放，抱力較大。若爲長皮帶，則中央灣下之力

已處抱緊皮帶，使之轉動，無須添配整緊轆也。膝式之木架，其上為平面，可鋪鐵板，如是則吊起舂槌修理各件時，工作較易。橫樑與中柱及旁柱相連處，支以斜撐木，如第四十一圖，以免搖動。全架各木相接處，俱貫以螺絲鐵枝，兩頭用螺絲母絞緊，如此則全架成為鞏固之架，而無左右擺動之虞也。



第 四 十 一 圖

槌 引

槌引裝置於木架上之橫木，上下二副。下副離白頂十八英寸，上副離下副七英尺。每副有五孔，五槌之柱。適可容納於其中，而能自由起落。上副之孔與下副之孔恰相對照，令槌柱垂直，而無偏欹，庶起落時不至阻礙。槌引多以堅木為之。引孔開邊，用二塊四英寸乘十二英寸之厚板，貫以螺絲，兩邊用螺絲母絞合，使兩塊合成一塊，然後開孔。如第四十二圖，為木製槌引之平面及側面圖。孔須垂直，方能令槌柱垂直。故開孔時宜照幾何



第 四 十 二 圖

畫法，先在槌引之底面依合縫爲圓徑，求得各孔之圓心，互相對照，然後畫圓圈以便開孔也。有時圓徑不在合縫內而別用一薄板夾於二厚板中央，以薄板之中線爲圓徑。如此則引孔兩邊之在厚板者較半圓形爲小。若引孔因磨擦損壞而擴大，可將薄板再削薄，或逕將薄板除去，然後將引孔再車圓，以求適合槌柱之外週。如此則無須頻換厚板。亦有因節省木料起見，用鐵作槌引架，而以堅木轆五件，鑲於架內以作引孔套者。全鐵製之槌引亦曾試用，但槌柱與鐵磨擦，易於損壞，故不若用木製槌引爲愈，因改換槌引之木轆，較勝於改換槌柱也。槌柱與槌引相磨擦處，宜常塗以筆鉛粉，以資滑溜，但不宜用油，因油滴入臼內，與水混和，能令金粒及礦物浮走也。

春槌遇改換槌脚或砧，及清理臼內積存之采金，或礦物時，則各槌必須吊起，方便工作。吊起春槌以鐵鏈轆纏絞之，Chain-block 俟絞至適當位置時，則春槌之抱箍支以堅木製成之短柱，名爲指，Fingers如第四十一圖 *g* 爲指，其尖鑲鐵，其後有鐵環，以便手持指脚有鐵圈套，貫於木架之橫軸上，以作支點。用時將指尖靠於抱箍底，如第四十圖所示，則全槌爲所吊起。每槌有一指，故五頭春槌有五指，十頭春槌有十指，同以一橫軸作支點，可令各槌俱吊起也。

## 底 墊

春槌之震動力極大，其下必須有彈力之底墊，方不至震鬆機件，而致破壞。底墊爲木春之變相，但此木椿非用槌打入地中，乃爲柱形，兩頭平圓，依垂直線豎立於堅固之石和土地基上，此地基乃在一四方深穴之底，柱豎其中，大半藏於地下，祇有二三尺突出地面也。底墊以二行或三行木柱合成。柱長八尺，橫截面爲八寸乘八寸，或較小亦可。亦有不用方柱，而用厚板者柱頭柱脚橫直各貫螺絲二行或三行，兩頭用螺絲母綁緊，使各柱聯成一四方之大木墊，其橫截面大於白底。但全墊極重，難於移動，故全墊在地面聯成後，先

將頭尾刨之極平，然後再拆為數份，俟移至白底穴內，再用螺絲聯合之。穴四週宜比木墊濶二尺，以便人在穴內可作工。穴底須掘至實土，填以厚二尺之三和土地基一層。或以方木橫置穴中，作底檻，其上面刨之極平。木墊與三和土地基或底檻相貼之面，宜極平而密貼。全墊須依中垂線直立，庶春槌用力時不至擺動也。如第四十圖及第四十一圖之白底為木墊豎立之狀。木墊突出地面三尺，其下截填以沙土而春實之，則全墊穩定。木墊既豎妥後，其上面與白底相貼處，刨之極平。刨時用水平尺度之，使墊面成為水平面。然後依白底之螺絲孔位置，在墊面鑽垂直之孔各深三四尺，透下至木墊中截。每孔下復鑿一較大之四方孔，橫穿墊旁而出，以便容納螺絲母。各孔既鑽妥，乃先將螺絲插入各孔，復以二分厚樹膠片平鋪墊面。然後用鐵鏈繫繫，絞起鐵白，令白底各螺絲孔，恰與木墊之螺絲相對。乃徐徐放下，使白底平放墊上。將螺絲母套於螺絲之上下兩頭而絞緊之，如是則全白穩定矣。白既裝妥，然後兩旁之春槌架依次建豎可也。

## 春槌力量

春槌碎石之力，可照下列公式計之。

$$RS = Wh \quad (\text{公式十})$$

式內 R 為碎石之力。S 為石層受春而縮低之深度。W 為槌重。h 為春槌墜下之高。設如槌重九百五十磅，由九寸高墜下，石層因此春低半寸，求碎石之力若干。

$$R = \frac{9 \times 950}{\frac{1}{2}} = 17,100$$

求得一萬七千一百磅，為其碎石之力。

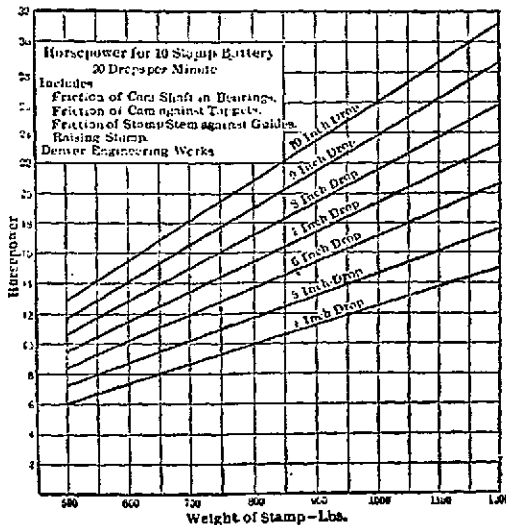
春槌全副之馬力，可照下列公式計之。

$$H.P. = \frac{NRWh \times (1 + F)}{33,000} \quad F = .20; \quad H.P. = \frac{1.2NRWh}{33,000} \quad (\text{公式十一})$$

式內  $N$  爲槌數。  $R$  爲每分鐘墜下次數。  $W$  爲槌重。  $h$  爲槌墜下之高，以英尺計。  $F$  爲磨擦力，概括槌柱與槌引車撥與抱箍，輪軸與軸套之磨擦力，約佔全力之十份二。設如前項之春槌爲十頭春槌，每分鐘墜下九十次，求馬力若干。

$$\text{H. P.} = \frac{10 \times 90 \times 950 \times 9 \times 1.2}{33,000 \times 12} = 23.31$$

求得二十三馬力三一爲全副春槌之馬力，卽每枝槌需用二匹馬力三三一也。第十一表所列乃每分點墜下九十次之各款春槌十枝槌需用之馬力，包括一切磨擦力在內。表內直列爲馬力。橫列爲槌重。斜線爲槌墜下之高，其與直線相割處爲所求之馬力。設如槌重一千磅，每分鐘墜下九十次，槌墜下之高爲八寸。此八寸斜線與一千磅直線相割爲二十一匹馬力六五卽爲十枝槌所需之馬力也。



第 十 一 表

第十二表

地 名	總 數	總 重 磅 數	磨 高 寸 數	每分鐘 壓下 次 數	每枚植 廿四小時 磨石 顆 數	篩網目	粘耐 用若干 日	卷脚 耐 用 若干日	篩網 耐 用 若干日
Colorado	60	1,050	6-8	100	3.8	26	50	112	3
Combination	20	1,200	6	108	4.5	--	74	96	10
Desert	100	1,050	6	104	4.79	12-14	59	76	30
Don Estroslus	120	1,250	6.5	102	5.2	16-26	65	65	2-5
El Oro	100	1,000	7.5	104	3.75	35	--	--	--
Goldfield	100	1,050	--	108	--	16	--	--	--
Guanajuato	80	1,050	7.5	104	3.6	50	--	--	30-35
Homesake	1000	900	10.5	88	4.0	N68	--	--	--
Montana	40	1,050	7.	100	3.5	20	--	--	--
North star	80	1,050	8.	96	3.1	20	--	--	25
San Francisco	30	1,050	6.5	104	--	20	--	--	--
Standard	20	1,000	4.6	96-106	2.3	30	57	122	55
Veta Colorado	100	1,050	7	--	--	8-10	--	--	--





## 春槌碎石之量

春槌碎石之多寡，視乎馬力之大小，放砂之高低，篩眼之疏密，鑛石之堅鬆，水量之多少，殊不一致。故不能以算學式計。茲列美國金鑛所用各款春槌碎石，每日實得之噸數，如第十二表，以資比較，便可知其大概。

## 春槌皮帶之計算

皮帶傳遞馬力之多少，以抱力計，非以扯力計。但扯力亦有限度，單層皮帶每英寸闊以四十二磅為限，雙層皮帶每英寸闊以八十磅為限，過乎此，則皮帶易斷。抱力之大小與皮帶速率及帶面闊狹成正比例。春槌為重物，而速率甚慢，故皮帶之闊須逾尋常，下列之式為機械學計算皮帶之公式，春槌皮帶亦可照此式計之。

$$\text{單層皮帶 } W = \frac{800 \text{ H. P.}}{V} \quad \text{雙層皮帶 } W = \frac{540 \text{ H. P.}}{V}$$

(公式十二)

式內  $W$  為皮帶之潤，以英寸計， $H$  為馬力， $V$  為皮帶行動速率，以每分鐘若干英尺計。設如上文之十頭春槌，其馬力為二十三匹三一，車撥輪軸之皮帶轉徑為六英尺，每分鐘槌墜九十次，所用為雙層皮帶，求皮帶應潤若干。

因車撥有二臂，皮帶繞旋轉一次，則春槌墜落二次，如槌墜九十次，則皮帶繞每分鐘旋轉四十五次。而皮帶行動之速率為繞週乘次數  $V = 6 \times 3.1416 \times 45 = 848.23$  英尺。

$$W = \frac{540 \text{ H. P.}}{V} = \frac{540 \times 23.31}{848.23} = 14.85$$

求得十四寸八五為皮帶之潤。以整數計，則此皮帶應為十五英寸潤。而春槌之皮帶轉為七十二英寸徑，乘十五英寸半潤面。蓋轉面須潤於皮帶半寸也。

## 汽槌

汽槌之柱，直接連於汽箱活塞之柄。汽箱爲豎立式。蒸汽由活塞下之氣門放入，舉起活塞及槌身，至一定高度時，活塞下之出氣門全開，同時蒸汽由活塞上之氣門放入，活塞被壓，挾帶槌身，驟然下降。氣箱有機件，能令氣箱蒸汽之全壓力加入，壓活塞下降。惟活塞上升時，則蒸汽壓力，祇有一部份放進，故活塞上升慢而下降速。蒸汽壓力，加入槌身之重，助以降下速率，其力甚猛，碎石甚速。此項氣槌之臼，爲四方或圓柱式，每槌一臼。臼底無須用木格，但置於彈力木墊上。木墊與臼底之間，夾以一寸厚之橡膠片，故震動力因彈力而消滅。氣槌比較蹙力槌，碎石量多數十倍，而產出幼粉少，故極合用於選礦工場。其初祇用於美國密斯勒省之自然銅礦，其後各處選礦場亦仿用之。活塞徑十五英寸，升降三十英寸之氣槌，每頭可勝任五十頭蹙力槌之工作，而需用馬力較少，佔地則更少也。

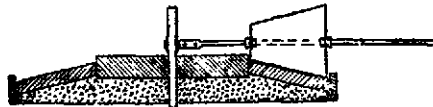
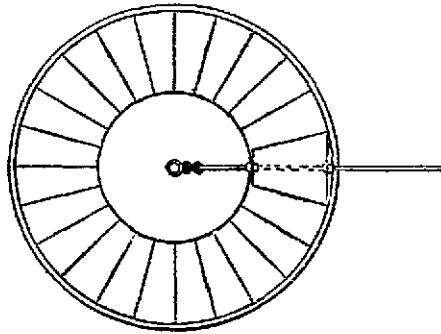
## 壓氣槌

壓氣槌非用壓縮空氣運動，如其名所云，乃用外力加於槌身，使之升降也。每副有槌二頭，此升彼降，故動力均勻。箱柱連於小活塞，活塞藏於兩頭閉密之氣箱內。而氣箱本身藉輪軸曲柄以升降。當氣箱上升時，活塞下之空氣被壓，挾帶槌上升。當氣箱下降時，活塞上之空氣被壓，以壓氣加入槌身之重，故下降速率比較槌身自墜爲更速。速率大而碎石之勢力亦大。故碎石量比較蹙力槌爲多，而產出幼粉較少。此槌亦有機件，能令槌身轉動，而槌脚之受力均勻也。此項壓氣槌，用於英國克林威爾之錳礦，每槌需用二十五匹馬力，每日能碎石二十噸至三十噸，過三十六目篩眼。

## 智利磨石機

單籠之智利磨石機，可就地採取花崗岩或片麻岩等之堅韌而無

裂紋者製之。倘有圖式，則尋常石匠，亦能照造。全機爲石轆及磨盤二件。石轆爲半截圓錐形，轆長四尺，頭徑四尺，尾徑二尺，全轆約重五千磅。轆心作圓孔，徑二寸半，轆頭尾鑲以鐵套，石轆之軸，可在此鐵套內自由旋轉。軸以二寸徑圓鐵製成，長十二尺，尾端連於磨盤中柱之鐵環。以中柱爲圓心，鐵軸爲半徑，環繞磨盤旋轉，作圓週形。磨盤作圓傘形，全徑十七尺，中央爲一圓石塊，徑八尺，厚一尺四寸。石塊之中央爲轆心中柱，石塊之外週爲磨底，用石塊二十四件砌成。每塊長四尺半，頭闊二尺，尾闊一尺，厚八寸。尾端向磨心。頭端向磨邊。石塊皆斜放，尾端高於頭端一尺，故全磨底砌成傘形。外邊垂下，而圓錐式之石轆行經其上，轆面恰與傘面相貼切，鑲石夾於其中，可磨至極幼。磨盤之四週，復圍以石邊，高於磨底四寸，以規鑄石外溢。第四十三圖，爲此石轆及磨盤之平面及剖面圖。石塊之接縫，以土嵌土砂塗密之。石塊之底下，須爲堅硬地基，並須

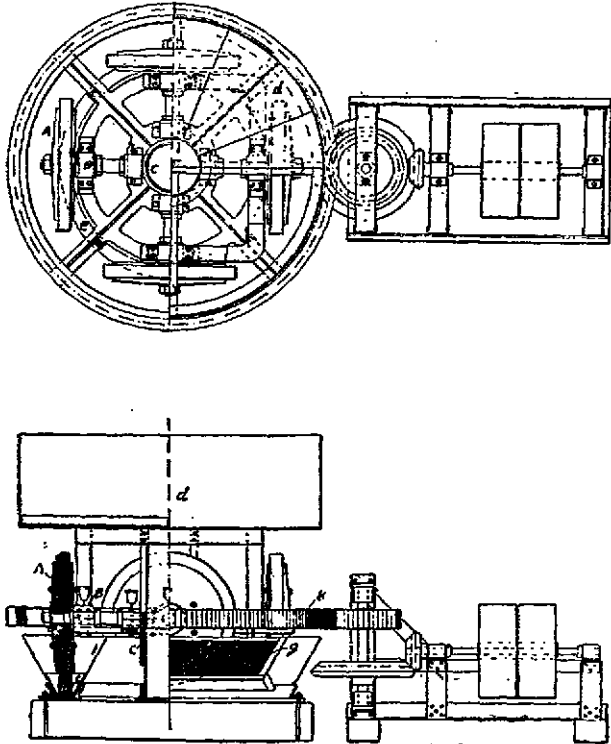


第四十三圖

先墊三和土數寸，使石塊礙于其上，而無凹凸搖動之患，方可適用也。此磨以牛馬力牽之，每日可磨石壹噸，過三十日篩。

### 新式之智利磨石機

前項之石轆磨石機，轆身雖重，惟轆面長四十八英寸，壓力分佈于轆面每寸不過一百四十餘磅，故碎石之力甚弱，石英礦苗，不能用之碾碎。新式智利磨石機，如第四十四圖。轆 A 以生鐵鑄成，轆心

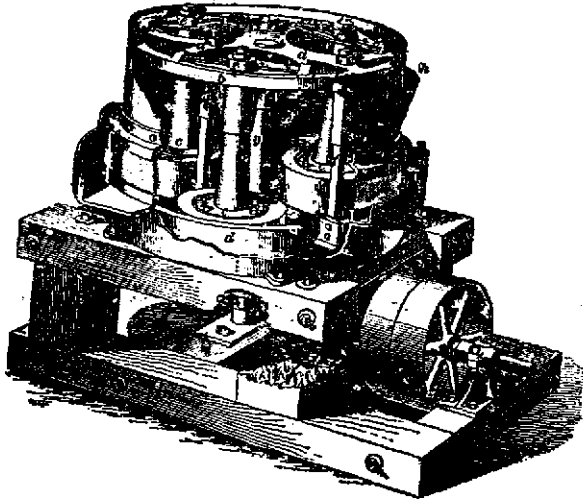


第 四 十 四 圖

貫以鐵軸，轆面鑲以三寸厚之鋼套，可以替換。轆身之長，減為四英寸，故全轆為輪形，重約一千八百磅。雖比石轆為輕，但轆面既狹，則壓力專注，每寸轆面有四百五十磅力。每副磨石機，有轆四個，同旋轉于一公共磨盤上。四轆之軸，其中殺貫于軸套架 B，其尾端貫于中柱 C 之環上，亦有軸套，轆軸可在此二軸套內旋轉。中殺軸套架四個，共擎一大鐵盤 d，盤內可載重物十噸。此重力由軸套架而傳遞於四轆，每轆實負重二噸半，等於五千磅。如是，則每寸轆面再加一千二百五十磅壓力，連轆本身重力合成一千七百磅力，故雖最硬之石英苗亦可碾碎。磨底亦縮狹為四寸闊之環形，底上鑲以四寸闊之環形砧 e。鐵轆行于鋼砧上。磨底之內外週，圍以尺半高之薄鐵片 f，以幼砂石及水外溢。此鐵圍之一面，開口放砂，蓋以三十目篩眼 g。水入磨內，幼砂過篩眼而出。磨週之齒輪 k 接受動力，使四轆環中柱而旋轉。每分鐘約轉七次，約需用十五馬力。每日夜可碎石二十噸，過三十目篩眼。但放入此磨之石塊，須先經碾石轆壓碎至半英寸徑以下，方可入磨。一寸徑大之石，亦曾試磨，但該轆之鋼套，易被割成槽形，旋不適用於磨幼砂。故入磨之石，宜為小塊。至於鋼套，因用久損壞，可在車床上再車圓滑，使轆面與砧密貼而石可磨幼。但鋼套若損至一寸薄時，則宜再換新套。此項磨石機，適用於金銀鑛之用汞引者。磨盤內可置水銀，磨前放砂口外，可接以水銀銅板。至於選鑛廠跳汰機洗出之中層合鐵砂石，亦可用此磨研之；且產出幼粉無多，故與亨廷屯磨石機，同屬通用於選鐵場。所遜於春槌者，則春槌能碎二三寸徑石塊，而此磨則不能也。

### 亨廷屯磨石機

此機藉鐵轆之壓中力，緊壓磨旁鋼盤以研石。如第四十五圖。磨盤為鐵製，盤底平，環繞中柱 g，作環形，盤旁鑲以鋼盤 d，鋼盤之上為鐵篩，幼砂從篩眼放出。中柱 g 之上，有臂 a 與環形架 b。架下有吊轆 c 三個。轆底離磨盤底一英寸。轆面鑲以鋼套，用久損壞，可換



第四十五圖

新者。轆心貫以吊軸。此吊軸吊於搖動架 e。當環形架 b 旋轉時，吊轆受離中力向外，而與鋼墊相貼。同時轆之本身，亦自由旋轉。碎石夾於轆面與鋼墊之間，因而研切。碎石由吊撥 f 攪起，使與轆面相迎。環形架之旋轉愈速，則離中力愈大，而碎石愈速，計離中力，可照下列公式計之。

$$F = \frac{WV^2}{gr} \quad (\text{公式十三})$$

式內 F 為離中力，亦即吊轆壓於鋼墊之壓力。W 為轆重。V 為磨盤週轉速率，以每秒鐘若干英尺計。r 為磨盤半徑以英尺計。g 等於三二·一六。設有六尺徑亨延屯磨盤，吊轆重一千二百磅，磨盤每分鐘旋轉五十次，求離中碎石力。

磨盤旋轉速率，為盤週乘次數，以六十秒除之，得每秒若干尺數。

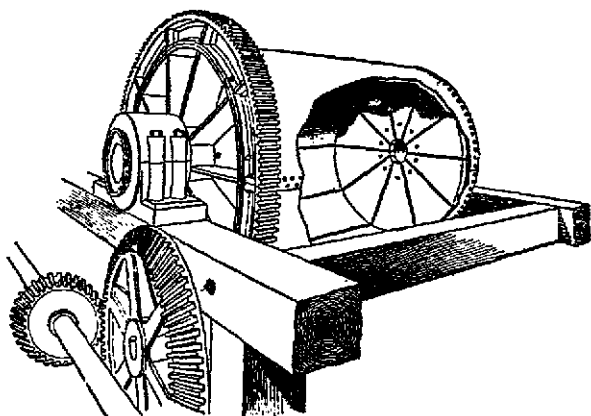
$$V = \frac{50 \times 6 \times 3.1416}{60} \approx 15.708$$

$$F = \frac{1200(15.708)^2}{32.16 \times 3} = 3060$$

求得離中壓力，為三千零六十磅。如轆面潤八寸，則每寸之壓力為三百八十磅。此項磨石機，適用於不甚堅硬之石，如為石英苗，則須先經碾石轆碎至二分徑左右，方可在此磨內研幼。但離中壓力，與旋轉速率之乘方為正比例，如遇硬石，可將旋轉次數加速至每分鐘七十五次，則壓力可增加二倍有餘，而硬石亦可研幼矣。但放入此磨之碎石，以半寸徑以下為合，過大則鋼轆及墊極易損壞也。寧廷屯磨盤之制度，常用者為三尺半徑，五尺徑，及六尺徑三種。五尺徑之磨盤需用十二匹馬力，每日夜可磨石十五噸，過三十目篩，所需馬力，比較春碓為少，而產出幼粉亦少，故適用於選鑛工場。金銀鑛之需用汞引法者，亦適用之。磨盤內可置水銀十餘磅，磨盤口外，可設水銀銅板。此磨之購置費較春碓為廉，而修理費則巨，因鋼轆及墊須時常更換也。

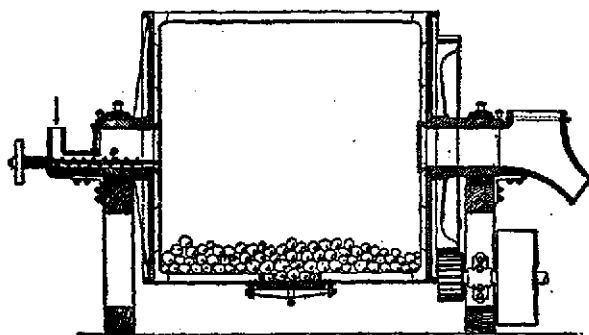
## 彈丸研石機

鐵砂須研之極幼，以資提煉，如青化金銀，綠氣化金等，恒用彈丸研石機研之。如第四十六圖，為美國利士麥麻廠 Allis-Chalmers 所製之彈丸研石機。研盤為圓筒式之鐵壳，內襯鋼墊。研盤徑三尺至六尺，長八尺。盤頭尾之鋼墊，分作截弧形，近圓心處，以螺絲聯于盤之頭尾蓋，弧週則為盤身之鋼墊所壓緊，如第四十六圖 A，盤身之鋼墊，其彎面適與筒之內面貼合。每墊之兩邊，與旁墊相接，成螺旋式之槽溝。此槽溝以楔形鐵撞入，逼壓各墊，則盤身之墊互相逼緊，而不能脫離。楔形鐵突出於槽溝上，成螺旋式之路，使鐵砂循此



第 四 十 六 圖 A

路而行，由盤頭至盤尾。其幼者由盤尾中央之軸孔放出。其粗者藉離中方復墜於盤底，循螺旋路，復回盤頭，再經彈丸研幼，然後放出盤外。每具用二寸半徑之鋼彈三噸。研盤旋轉，為每分鐘二十五次至三十五次。鐵石須先經礮石碾壓至二分徑以下，方由盤頭之空心軸孔放入，如第四十六圖 B。此軸孔有螺絲車撥 S，用以逼壓鐵砂入



第 四 十 六 圖 B



盤。此螺絲撥旋轉之遲速，即所以定放砂入盤之多寡。而幼粉由盆尾空心軸孔放出之量，亦隨此而增減。蓋入砂出粉，全由螺絲車撥逼壓，此頭入砂若干，即彼頭出粉若干也。此機用水研或乾研俱可，用水研則彈丸之損壞較少。需用十七馬力之機，每日夜可出幼粉十五噸，過壹百目篩。

### 篩砂機器 (Classifying Machinery)

篩砂為碎石後淘鑛前必經之手續。蓋淘鑛恒仗水力，鑛砂粒點大小須劃一，方能各依其比重之大小，以定沉墜之先後，而使鑛物留存，砂石浮去。沉墜速率，與比重成正比例，而與阻力成反比例。阻力為磨擦力膠結力及浮水力三項合成，其式如下。

$$S = \frac{W}{r} = \frac{W}{f+c+b} \quad (\text{公式十四})$$

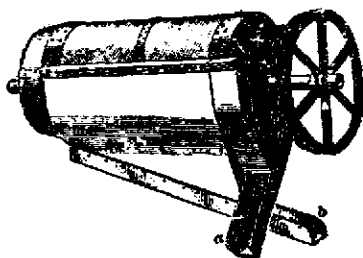
式內  $S$  為沉墜速率。 $r$  為阻力，此阻力為磨擦力  $f$ 、膠結力  $c$ 、及浮水力  $b$  合成。 $f$  及  $c$  與質點之面積成正比例。 $b$  則與質點之體積成正比例。 $W$  為質點之重量，以比重乘體積計算。比重小之物， $W$  小於  $fcb$ ，故在水中不能下沉而上浮。比重大之物，如砂石等，其比重為二、四以上，則  $W$  恒大于  $fcb$  合成之數，故能沉於水底。浮游鑛物之硫化鑛物，比重雖大，但因其與油質之膠結力極大，故隨油上浮。同一比重之物，則下沉之速率，因體積之大小而差異。但鑛物與砂石比重相差甚巨，倘若大塊砂石，與細粒鑛物同時由水面下墜，則下沉之速率亦相同，而不能將鑛物與砂石分別。但若使砂石粒與鑛物粒同大，則下沉速率，依比重之大小，而鑛物自能先沉，留於洗砂機內。故鑛石壓碎後，可篩為二種。粗粒者用跳汰機淘洗之。幼砂則用洗砂桌淘洗之。但跳汰機所洗之粗粒，復分為半寸徑，三分徑，二分徑，一分徑等。洗砂桌之幼砂，復分為二十目，三十目，四十目及幼粉等。每類分別洗之，方得淨鑛，而微細之鑛砂，亦不至隨粗粒砂石浮走也。篩砂方法，分為機械篩砂法 Mechanical Sizing 及水力分

砂法 Hydraulic Classifying 二種。式十目以上之鑛砂，可用機械篩之。二十目以下之幼粉，可用水力分之。

機械篩砂器具，又分為旋篩 Revolving Screen，搖動篩 Shaking Screen，震動篩 Vibrating Screen 及鋼鐵疏檻 Grizzly 四種。而以旋轉篩及震動篩餘為最常用，所有選礦場之篩砂機，多用此二種至於搖動篩祇用於洗煤場。鋼鐵疏檻則用於鐵車運鑛石入選礦場時，隔開大塊鑛石，以便供給壓石機。

### 旋轉篩

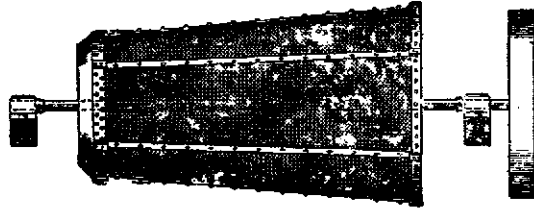
旋轉篩有屬圓柱式者 Drum Screen 頭尾之徑等大，其架為鐵製，或木製。架為圓柱式或六角八角式其外環以鋼線紗，銅線紗，或鐵片撞成多孔之篩網。篩之中心有軸，此軸之位置略傾斜於一方。篩繞此軸旋轉時，篩內鑛砂，由此頭走至彼頭，幼砂穿軸眼而出，墜入砂斗而至鐵槽b，如第四十七圖。其不過篩之碎石，則由篩口走出，墜入鐵槽a。



第四十七圖

### 截錐式旋轉篩

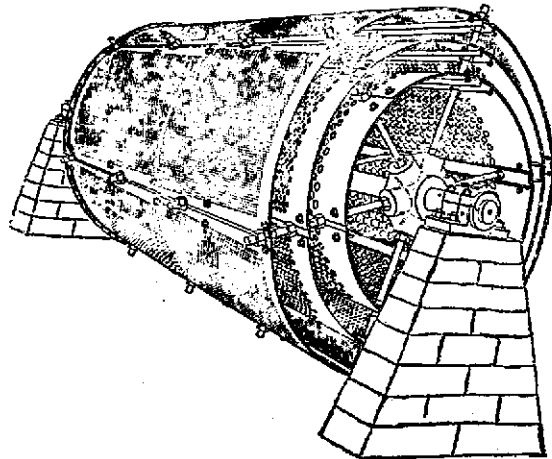
Conical Revolving Screen 圓柱式之旋轉篩，因篩須斜放，礦砂方能走出，而斜之軸，有種種不方便。一則難於搭皮帶，二則重力墜於下頭之架軸，易致損壞。故不若將篩架平放，而代以截錐形之篩架，頭少尾大，則鑛砂可由頭截走至尾截。如第四十八圖，為截錐形之篩。篩外纏以扁鐵條，將篩分為六部份，每部份配一篩網。若一篩網損壞，則可改換新者，不至更動全篩。



第 四 十 八 圖

複 網 旋 轉 篩

Variable-mesh Screen 選礦場內，往往欲將過篩之砂，分為半寸徑，二分徑，八目十四目二十目等，以便分別裝入跳汰機及洗砂桌。如此則一篩之內，可配以數重篩網，如第四十九圖。中心之篩網孔



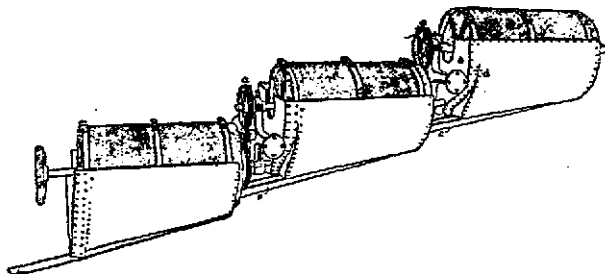
第 四 十 九 圖

大，外週之篩網孔小，則礦砂由粗而幼，分別篩出。每一網口，接以一槽，則粗幼礦砂，分別走出，不至混亂。此種複網篩，往往將截維

形之篩架，互相倒置，則粗幼鑛砂，分兩頭而出，更易分別。此篩之軸，仍屬平放，毋須斜置。

### 連接旋轉篩

Successive Screening 一篩內之地位有限，粗幼鑛砂，往往不能完全分別篩出，欲免此弊，則一篩之下，可接以第二篩及第三篩。如第五十圖，其不能過第一篩眼之碎石，由篩尾走入鐵斗b，經鐵槽d而



第五十圖

出。其過篩眼之粗幼砂，經鐵槽c。而至第二篩。此第二篩復將粗砂截留，由篩尾而出。其幼砂則過篩眼而至鐵槽e，以入於第三篩。如此再將幼砂篩為數種，如十四目，二十目等以便裝入洗砂桌。

### 濕篩法及乾篩法

Wet and Dry Screening 篩砂部分，在選鑛場內，與其他部分相同，寧可用濕法，因水能幫助鑛砂分離，過篩眼而出，而又可免塵砂飛揚之弊。又况鑛石由鑛山而來，入選鑛場後，仍多含水分，經過碎石機械壓碎，幼粉與粗砂黏結，難於分離，若用乾篩法，則須加入用火烘乾之費用，故毋寧用濕篩法為省費也。

### 濕篩法及洗砂篩

Wet Sizing and Washing Screen 旋轉篩若欲適用濕篩法，則其軸

可用中空者。一頭與灌水之喉密接，一頭封密，軸身穿有無數小孔。水由小孔射出，噴射礦砂，使幼砂穿篩眼而出，且藉水力，使礦砂在篩內及槽內俱易流走也。第五十圖之連接篩適用濕篩法，如此則砂積 c 及 e 畧為平放亦可。若用乾篩法，則放砂之槽，須有四十五度以上之斜勢，乾砂方可走動也。

### 篩 網

篩網 Screen Cloths 篩網之粗者，可用多孔網片，或亞鉛鐵片。孔為圓形，或長方形。其幼者可用亞鉛鐵線紗，或銅線紗，濕篩法宜用銅線紗。

### 搖 動 篩

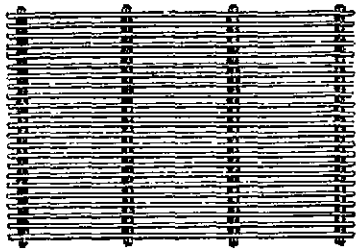
搖動篩 Shaking Screen or Box Screen 搖動篩極少用於選礦場，因其佔地較濶，用力較多，構造較煩，不若旋轉篩之簡便，而佔地小也。惟洗煤場則多用搖動篩，全篩浸於水中，用機械搖動，可免煤塵飛揚之弊。過篩之煤，分為塊煤碎煤粉煤三種。塊煤碎煤俱經洗淨，除去石質。粉煤則不經洗淨，故含灰分較多，而價值亦較廉。

### 震 動 篩

震動篩 Vibrating Screen 為斜置之篩網，裝於震動架上。架底有彈弓，托篩上升。架上有歪輪，壓篩下降。全篩藉此向上下跳動，每分鐘跳動六百次，幼砂極易篩出，最適用於乾篩法。惟震動多而聲嘈雜，據著者經驗選礦場之用濕篩法者，仍以旋轉篩為最合用。

### 網 鐵 疏 體

Grizzlies 礦車運礦入選礦場時，先將礦石倒於鋼鐵疏體之上。此疏體斜置。與地平線成四十五以至五十五度角。大塊礦石，由體面走入於供給壓石機之鑄倉。小塊則漏經體隙而入於碾石機，成春糖



第五十一圖

之鐵倉。鋼鐵疏篋，以長方鋼條爲之。每條闊一寸厚寸半，長由八尺以至十二尺。往往十八條以至三十條平排。中間縫隙，離開一寸以至寸半。全篋之總闊，由三尺以至六尺。鋼條之中央

及兩頭，以鐵片及螺絲連固於枕木上，如第五十一圖。

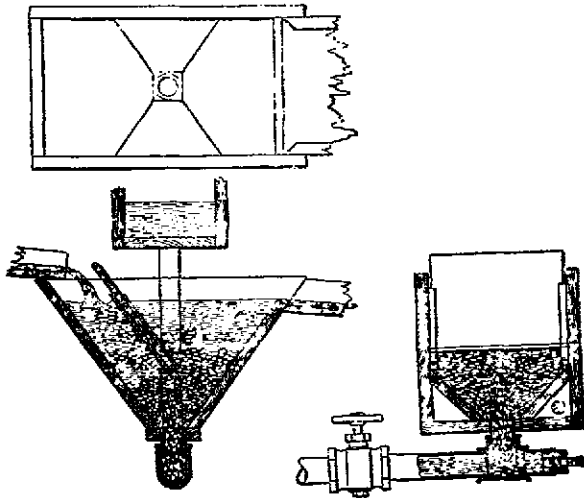
### 水力分砂機

Hydraulic Classifiers 二十目以下之各種篩網，價值甚昂，不適用於選礦場，故鑛砂經過礮石碾碎後，通常由八目以至二十目之旋轉篩篩出。其過篩之砂，則經過一種分砂機，分出六十目以上之幼砂裝入洗砂桌。六十目以下之幼粉 Slime，若爲硫化鑛物，則裝入浮游選鑛機，若爲矽化鑛物，則裝入幼粉選鑛桌 Slime Tables。但二十目以至六十目之鑛砂，粗幼懸殊，若同時裝入於洗砂桌，則不免粗砂未去，而鑛粉先浮出，如此則不特損耗鑛質，且洗出之淨鑛，亦不免與粗砂混和，而不能得淨鑛砂。故不若將此鑛砂再分爲二十目，三十目，四十目，五十目，六十目數種。二十目三十目之幼砂，最適宜於威氏洗砂桌 Wilfley Table。四十目至六十目之幼砂，最適宜於符氏洗砂帶 Frue Vanner。此項分砂機以水力分砂機爲最適用。水力分砂機之製造家甚多，種類亦繁，但其要旨，不外將鑛砂由水面下沉之力，與水流由水管上噴之力，互相抵消，沉力勝則下沉，不勝則浮去。將水流節掣，則鑛砂之粗幼，可隨意分出。茲將最通用之水力分砂機，分論如下。

### 尖底箱分砂機

Spitzkasten Classifiers 此項分砂機，最爲利便，可在鑛場製造。等

常一尺闊，尺半深之尖底箱，配以六分徑水管，每日可分砂二十噸，適合於一副威氏洗砂桌之用。第五十二圖，爲此箱之正面橫面及平面形，依圖可以製造。全箱用木板造成，板厚一英寸，旁板爲三角形，上闊二尺，底闊四寸，高十八英寸。橫板爲長方形，闊一尺，與旁板合成方斗。斗之下截，復襯以旁板二件，使斗底四邊收束。斗底面積，平方四英寸。其下承以四寸闊，一尺長，寸半厚之木板，以木螺絲連面於斗身。夾縫塗以白鉛粉油，以免漏水。斗之上截，有橫板



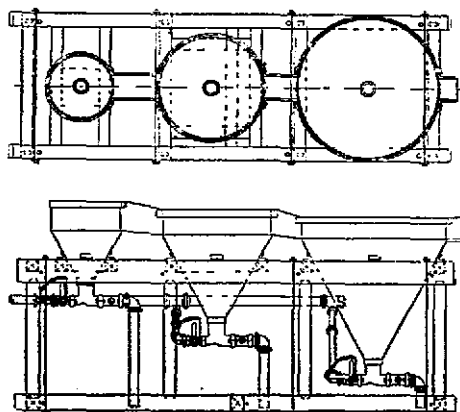
第五十二圖

深截，使鑲砂向下走，不至橫經斗面而過。此橫板兩邊套入凹槽，可上下移動，以便節製砂流方向。斗底中央，鑲以六分徑水管。其下爲丁字喉通。一頭入水，有水掣可放水多少入箱，以節製水力。其一頭放出沉下之砂，配以放砂管，管眼大小，可節製放砂多少。鑲砂及水，由箱之一頭放入，爲橫板所截，向下沉墜，復遇水管上噴之力，其幼者復浮上箱面，經箱之歧頭而出，其粗者則沉下箱底，經放砂管而

出。此項尖底箱，可用四個相連，箱之長度相同，而瀾度則依次加大。第一個闊壹尺，第二個闊尺半，第三個闊二尺，第四個闊二尺半。如此面積逐漸加闊，則水流之力漸慢，鑛砂可依次沉下。復有橫板水掣砂管三項，隨意節掣，可令第一箱放出二十日至三十目之砂。第二箱放出三十日至四十目之砂。第三箱放出四十日至五十目之砂。第四箱放出五十日至六十目之砂。分別裝入威氏洗砂桌及符氏洗砂帶。至於由第四箱面浮出者，俱為六十目以下之幼粉，及多量之水，宜導入鑛粉沉積箱內 Slime Settling Tank。將鑛粉沉底，水量減去，方可適合浮油選鑛機幼粉選鑛桌或膏化金銀等方法。

### 亞里氏截錐形水力分砂機

Allis Chalmer Cone Hydraulic Classifiers 第五十三圖，為亞里氏



第五十三圖

水力分砂機之平面圖及側面圖。有截錐形之尖桶三個，以鋼片製成。其外週圍以生鐵鑄成之水層。尖桶上截之中央，有入砂管。桶底有放砂管，及入水管。鑛砂及水由入砂管流入，鑛砂下沉，與水管之水流相遇，幼砂為水力浮上，沿尖桶四週溢出。流入水層，復由水層，



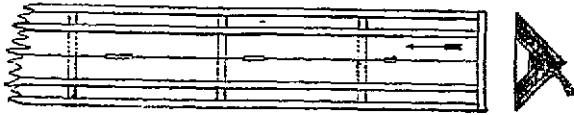
薄至第二尖桶之中央入砂管。其粗者沉於尖桶之底，由放砂管噴出。此項分砂機之優點，在乎砂水由中央入，由四週出。槽之面積大小，水力因之緩急。四週水力均勻，放砂入砂，易於節製也。

### 多爾氏分砂機

多爾氏分砂機 *Dorr Classifier* 為槽形之水箱，鑲砂及水，流入於槽之中段。輕而幼之鑲粉，隨水流出於槽尾。重而粗之鑲砂，沉於槽底，被槽內之齒把撥回至槽頭放出。此機迺與彈丸研石機相連，撥回粗砂於研石機內再研。

### 槽式分砂機

*Trough Classifiers* 此項分砂機，煤礦場往往用之，用以分開煤塊及石塊，與選煤機同功用，但其原理與分砂機同，且美國素比利亞湖自然銅鑛 *Lake Superior* 亦曾用此分砂，故連論及之。第五十四圖，為此機之正面形及橫截面形。有 V 形之木槽大小二條，內外相



第五十四圖

套。內槽小，有橫隔板，分為數段。每段之末，有長方形小孔一個。塊煤及小石，徑約一寸以至二寸者，與水混和，由內槽之一頭流入，經過小孔時，石塊下沉，穿小孔而出至外槽。煤塊則由內槽面流去。外槽之水，由水箱供給，水面比內槽為高，故外槽之水，恆由小孔湧上，入於內槽。若石塊之沉下力，勝於水之湧上力，則下沉，否則流至內槽之別一段，此處小孔，面積較闊，水力較緩，故亦下沉。

水力分砂機之用途，雖屬用於分開粗幼砂，但其功用往往能分出比重較大之幼鑲，與比重較輕之粗砂，同在一處，實與選煤機之借比重力者同理。但分砂機祇能預備鑲砂，使適合於洗砂桌等選鑲之用，而自己不能將鑲質洗淨，故並入篩砂機械類。此外尚有鑲粉沉

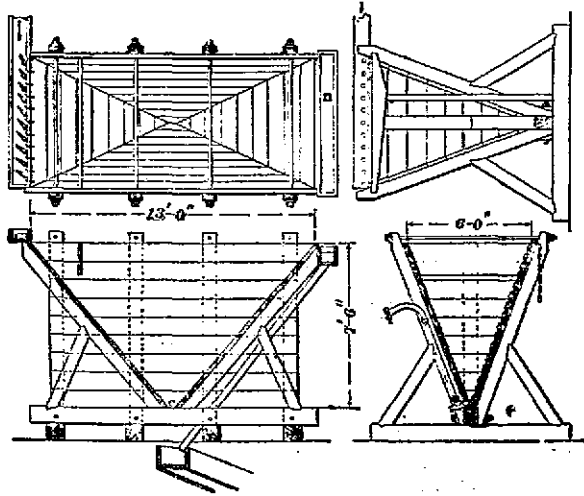
積池，自動沉積箱，連續稠結器等。俱為沉積鑛粉，使合於幼粉選鑛或浮游選鑛或膏化金銀之用，亦與分砂機同類，故分別論之如下。

### 鑛粉沉積池

Slime Settling Ponds 沉積方法，以沉積池為最簡單。尋常將鑛粉及水，放入池內，令鑛粉下墜，水則流經池口而出。池之中央有橫隔板，令鑛粉向下沉，不至橫經池面而過。俟鑛粉積至將近池面，則將池面之水，由池邊之橫溝放出，祇餘鑛粉，然後用人工將鑛粉起出，但此法耗工太多。且一池之容積有限，一池積滿，必須導入別池，如此則須地甚廣。故現今各大選粉廠，俱不用沉積池而用自動沉積箱，或連續稠結器。

### 自 動 沉 積 箱

Automatic Settling Boxes 第五十五圖，為此箱之正面，平面及橫截面圖。全箱為長方錐體形。箱之旁面與地平面相交至少成五十度

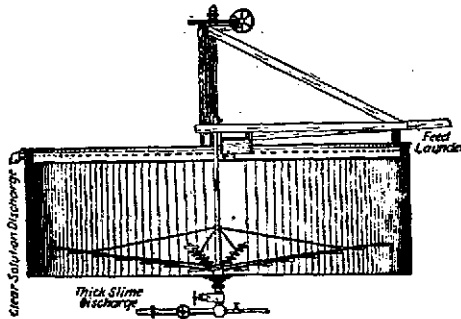


第 五 十 五 圖

角以上，否則鐵粉粘於箱旁而不沉落。箱面鐵粉及水，由木槽分路而出，如圖中箭矢所示。入箱後，復為橫板所隔，鐵粉及水，必須向下洗，不能由箱面橫過。鐵粉逐漸沉澱，與水之一部份，由箱底之虹吸放出。此虹吸與箱相接處為鐵喉通，其上接以樹膠喉，徑由一寸半以至二寸。樹膠性軟，可任意將喉口舉上或放下，則水面壓力因而差異；鐵粉放出之緩急，可以節製。此法可令沉積之鐵，隨時放出，不至積滿箱內，免人工起掃之勞。但放出之鐵粉及水，須用機械運至鐵粉選鐵桌或浮游選鐵機等。

### 多爾氏連續稠結器

Dorr Continuous Thickener 第五十六圖，為多爾氏連續稠結器。此器為圓盆式，以木板或鋼片製成。水及鐵粉，由木槽導至盆之中



第五十六圖

央。中央有旋轉軸，配以鋼爪四條。爪上釘以角鐵小片。此爪旋轉時，角鐵片將鐵粉撥至盆底中央之鐵管放出。水則由盆口四週溢出。鋼爪之旋轉甚慢，每一小時祇轉四次或五次。徑三十三英尺，深十英尺之盆，約需十份之二馬力旋轉，每日夜二十四小時，可沉澱壹百噸鐵粉。放入之水及鐵粉，含鐵粉祇二成者，經稠結後，約含鐵粉五成。

## 選 鑛 機 器

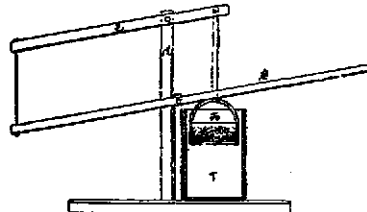
Concentrating Machinery. 選鑛機器可分為三種，(一)為跳汰機 Jigs, 用以選二十目以上至二寸徑之粗鑛。(二)為洗砂桌及洗砂帶 Concentrating Tables and Belt Vanners 用以選二十目以下以至六十目之幼鑛。(三)為幼粉選鑛桌 Slime Tables 用以選六十目以下之鑛粉。

跳汰機之款式雖多，但其作用則一。全選鑛砂在水中沉下，先後有差異。而自然積成鑛質為一層，含鑛粗砂為一層，砂石為一層。倘若此項鑛砂，任其陸續放入水中，而不加以搖動，則鑛砂之沉下，祇依放入之先後而沉積，不能將鑛質及砂石，截然分為數層。但若使此鑛砂沉下之後，尚繼續搖動，則鑛砂粒點之間，常留空隙，鑛砂可自由走動。且因搖動而浮上沉下數十次之後，其比重輕者浮速沉而慢，必至留居上層。其比重重者，浮慢而沉速，必至墜落下層。此項搖動力，在尋常淘砂盤及洗砂桌中，不外使砂粒向四旁顛動，力量較微，故祇能選幼鑛。若在跳汰機中，則藉水力，將鑛粒浮上繼復沉下，其力較猛，故粗鑛亦能選淨。此項浮沉之力，有二種方法加入。(一)將鑛粒置於篩上，將全篩浸於水中，上下搖動，名為動篩跳汰機 (Reciprocating Screen Jigs)。尋常人力選鑛，如南洋之用鋼線篩洗錫，湖南之用竹篩洗錫，及手搖跳汰機，俱屬此方法。(二)將鑛砂載於篩上，浸於水箱之一室中，復在其降室，用一活塞，將水壓下，繼復放高。如此則水穿入穿出於別室之篩眼上，將鑛砂舉高復壓低，祇係水動，而篩不動，名為靜篩跳汰機 Stationary Screen Jigs。現今各大選鑛場，多用此種方法，因其便於機械搖動，而靜篩之篩網較動篩為耐用也。動篩跳汰機，祇有手搖機為常用，靜篩跳汰機，則有多種款式通用，如克氏跳汰機，急降跳汰機，柱式跳汰機，皆常用者也。

## 手搖跳汰機

Hand Jigs 尋常人力選礦，若祇用鋼線篩或竹篩在水中上下搖動，則篩內裝礦砂有限，通常十斤左右，多則人力難勝，故選礦有限。不若將篩懸起，設法使在水中上下升降，則篩內可放礦砂數十斤，此法為手搖機之最簡單者。篩之週圍，為八寸以至一尺徑之小木桶，桶底除去，另裝以篩網。礦砂置於桶內，約三寸深。將桶懸於斜置之竹竿，全桶浸入水中。用手將桶壓入水內，水之浮力，與竹竿之彈力，自能將桶起上。再用手壓下，再復起上。如此一上一下，礦砂隨之一沉一浮，每分鐘可上下六十餘次，礦砂自能依其比重，分為淨礦在底，砂石在面。俟礦砂層次分清楚後，用鐵片將桶面之砂石刮去，可得淨礦砂。此法在廣東潮梅方面，用以選淨粗粒錫礦，極有成效，每日每人可選礦砂千餘斤，選出之淨礦，含錫量七十度力。

較大之手搖選礦機，可用橫梁木架裝置。如第五十七圖，已為橫梁戊為木架，庚為攀手，丁為水桶，丙為鐵篩。

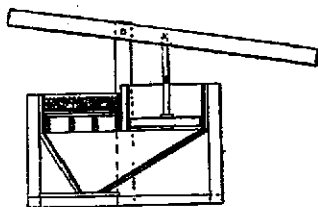


第五十七圖

將攀手壓下則鐵篩沉落，水穿篩眼湧上，礦砂浮起。放開攀手，則橫梁之重下墜，將篩起上，水由篩底退下，而礦砂沉落。

手搖跳汰機，亦可用靜篩式。如第五十八圖，將長方木箱，分為二室。下部兩室通連，上部有豎板隔開。一室較鐵篩及礦砂，一室較四方木塞，橫蓋於室面。此木塞懸於橫梁，可上下升降。塞柄配以攀手。將攀手壓低，則活塞下降，篩內之水走過鐵篩之室，穿篩眼而上，礦砂浮起，若將攀手放開，則橫梁之彼頭墜下，此頭將活塞吊起，水復由篩眼降下，而礦砂沉落。此木箱兩室面積相同，內容各式英尺平

方。鐵砂裝入，厚約三寸。活塞升降之距離約四寸。每分鐘升降六十次，每人每日可選鐵砂二千餘斤。

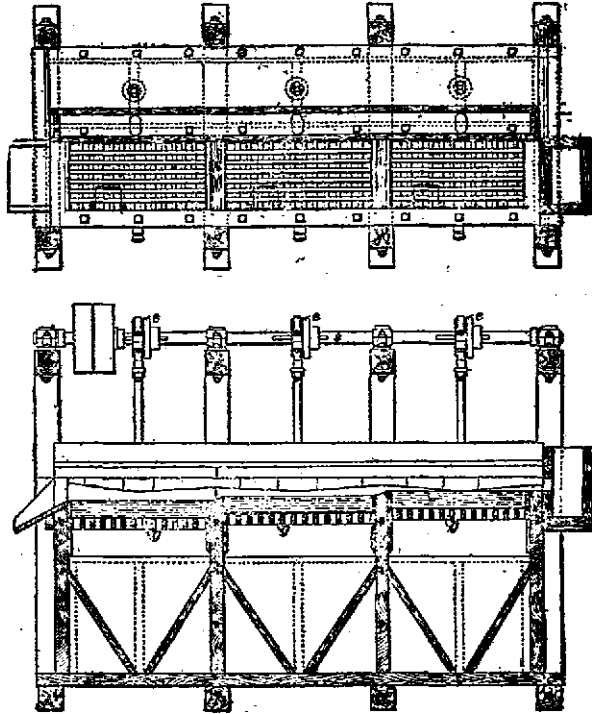


第五十八圖

### 克氏跳汰機

Hartz Jig 第五十九圖，為克氏跳汰機之正面圖及平面圖。此圖為三室式，每室中間隔以壓板，分為篩網室及活塞室。兩室下部通連，常注以水。篩網室有橫木 $\eta$ 承接篩網。活塞則藉歪輪 $e$ 升降。活塞下降，壓水走入篩網室，穿篩眼而上，將礦砂浮起。活塞上升，則水向活塞室退回，穿篩眼而下，將礦砂沉底。水及鐵砂由第一室之一頭裝入，經過篩網，重者下沉，留於篩面，輕者浮至第二室。此處復因水柱升降之力，將礦砂分為兩層，重者留在篩面，輕者再浮至第三室。此項三室相連之跳汰機，可將數種比重不同之礦砂，分別選出，比如礦砂之中，有方鉛礦、黃鐵礦及石英砂三種，則跳汰結果，第一室得方鉛礦，第二室得方鉛及黃鐵之混合礦砂，第三室得黃鐵礦，而石英砂則由第三室面浮去。第二室之篩網位置，比較第一室為低，第三室之篩網復低於第二室，以便礦砂可自由流動。篩網面積，普通三十四英寸乘十六英寸。活塞面積三十四英寸乘十四英寸。活塞升降距離，可隨意較高低，由數分以至二寸。

活塞升降之較高低，全憑歪輪之作用。如第六十圖有內外歪輪 $a$ 、 $b$ 二個，內歪輪 $a$ 連固於旋軸 $s$ ，上下歪半寸，外歪輪 $b$ 套於 $a$ 外，其位置可任意旋轉，但用螺絲連固於 $a$ 則其位置可以固定。 $b$ 輪上下亦歪半寸。若 $b$ 之位置如圖所示，則 $a$ 歪半寸與 $b$ 歪半寸相加，總歪一寸，每一旋轉，上下升降距離為二寸。若將 $b$ 輪位置旋至下



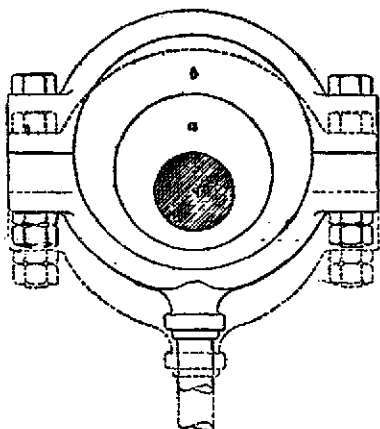
第五十九圖

面，則  $b$  歪與  $a$  歪相減，祇得數分。若旋一百八十度角，至最下位置，則  $b$  歪半寸與  $a$  歪半寸適相抵消，其升降距離為無。

### 急降跳汰機

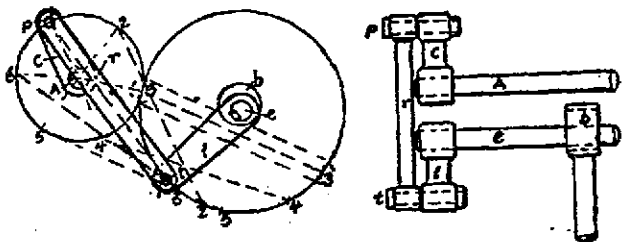
Quick Return Jig 尋常跳汰機，活塞之上升下降，所佔時間相同。若升降太急之機，如每分鐘升降百五十次以上，則活塞上升時，水流不能即時補回塞下空位，塞下半成真空，塞上為空氣所壓，其力

甚猛，因而抵抗力太強，往往損壞機器。欲免此弊，可設法使活塞下降速而上升慢，如第六十一圖，爲此機運動之方法。A 爲旋轉軸，軸上配皮帶輪，外力由此加入，令其旋轉。C 爲曲柄，此曲柄繞軸旋轉一週，則拐針 p 沿一小圓週而行，如圖中 1 2 3 4 5 6。此拐針貫於連接



第六十圖

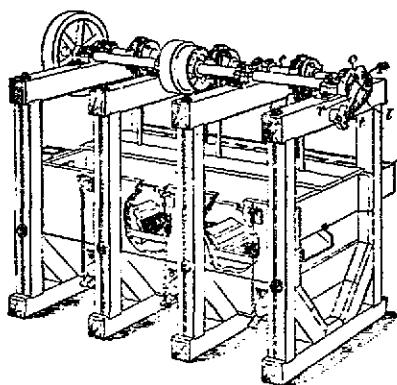
杆 r。而連接杆 r 之彼頭，復爲針 t 所貫，與搖動杆 l 相連。拐針 p 由 3 4 5 6 而至 1 之位置時，其動力傳於連接杆 r，帶同搖動杆針 t，沿大圓週之弧 3 4 5 6 而上升至 1。同時搖動杆之彼頭，貫於搖動軸 e，將 e 軸搖上，則歪輪 b 上行，帶活塞上升。拐針 p 過了 1 後，由 2 而 3，帶全搖動針 t，沿大圓週之弧 1 2，而復降回至 3。同時搖動軸 e 搖下，而活塞下降。但活塞上升時，拐針 p 之行程，由 3 4 5 6 而至 1，約佔一週之三份二。而下降時，由 1 2 而至 3，約佔一週之三



第六十一圖



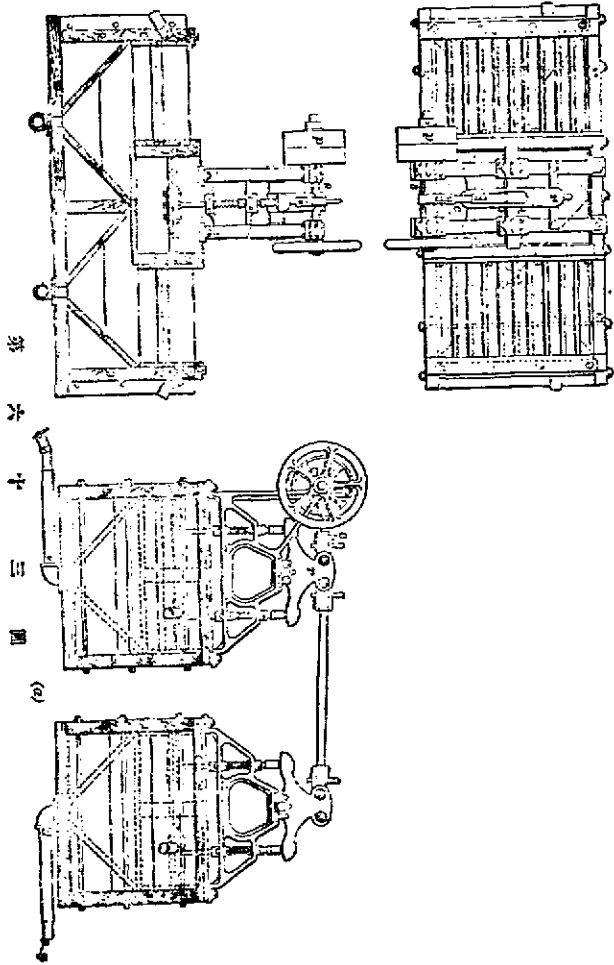
份一。p 之旋轉速率如常，而活塞下降時間，適合上升時間之一半。故名爲急降跳汰機。如第六十二圖爲此跳汰機之全圖。



第 六 十 二 圖

### 柱 式 跳 汰 機

Collum Jig 柱式跳汰機之活塞，其上升時，藉彈弓之彈力，其下降時，藉搖動槌之壓力。第六十三圖，爲此機之正面平面及側面圖。P 爲皮帶輪，S 爲旋轉軸，軸上有曲拐，與聯接杆 C 相連。曲拐旋轉，則聯接杆前後進退，其力傳於搖動槌 r。槌有兩頭，每頭之下各有一活塞，與跳汰機相連。槌頭搖下，壓低活塞柄，而活塞下降。槌頭搖上，則活塞柄架之彈弓彈起活塞柄，使活塞上升。柄有螺絲套，可將彈弓升高壓低，藉此以節制活塞升降距離之高下。彈弓升高，則活塞柄壓高，而活塞上升之距離高。彈弓壓低，則活塞柄壓低，而活塞上升之距離高。彈弓壓低，則活塞柄壓低，而活塞上升之距離低。至於活塞下降時，柄端爲槌頭所壓，其位置爲一定。此項跳汰機，活塞升降距離，不能太大。最多不過一寸，通常三分以至五分，故祇宜於選幼粒矽砂，如美國之自然銅礦，經乳槌舂碎之後，則用此項跳



汰機選之。此機之聯接杆，可與另一聯接杆相連，而運動二副跳汰機，如第六十三圖<sup>a</sup>。

### 跳汰機活塞升降之節制

跳汰機活塞升降之距離，及每分鐘升降次數，與鑛粒粗幼極有關係。選粗鑛之跳汰機，活塞升降距離宜大，而升降次數宜少。因粗粒鑛要跳動高，方能分出層次也。選幼鑛之跳汰機，則活塞升降距離宜小，而次數宜多，因幼鑛毋須跳動太高也。茲將活塞升降距離次數，與鑛砂粗幼，列表如下。但各鑛比重不同，選鑛時可畧為變通。

第十三表 跳汰機活塞升降比較表

鑛砂徑 (英寸計)	活塞升降距離	每分鐘升降次數
七分至一寸一分	三寸	一百一十次
二分半至半寸	二寸	一百二十次
一分至分半	一寸三分	一百三十次
十六目 (即半分徑)	六分	一百六十次

### 跳汰機篩網

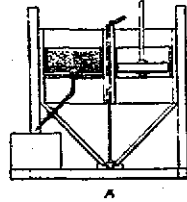
粗鑛跳汰機，篩網目恒比鑛粒為小，鑛粒自成層累，排列於篩網上。此法適用於十目以上以至二寸徑之鑛粒。若十目以下至二十目之鑛砂，則篩網宜比鑛砂為大，因幼網易於損壞也。幼鑛跳汰法，宜於篩網上，先行排列一層粗鑛，比較網目為大者。層厚一寸以至四寸。幼鑛跳動其上，礦質逐漸降下，穿過粗鑛層及篩網，而沉落跳汰機箱底。此處有門，可隨時放出。篩網用鋼線或銅線織成之網，比較銅片撞孔之網為勝，因水之出入，可無礙。若選粗鑛二分徑以上者，可用粗鋼線織成之八目網。

### 跳汰機排洩法

跳汰機內，鑛質及砂石之排洩方法有二。(一)為刮出法 Skimming。

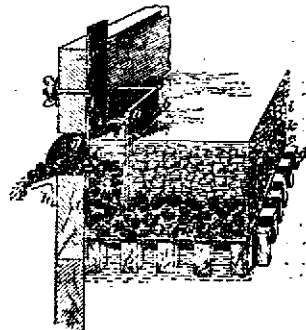
(二) 爲自然排洩法 Automatic Discharge。刮出法適用於人力跳汰機及各種動網跳汰機。鑛砂經跳汰後，分出層次。其上層之砂石，用薄鐵片刮出，其次刮去中層之含鐵中砂，其後再取出淨鐵。此法之利益處，在毋須用水沖去砂石，故用水極省，且可分出砂石與鐵質層次，極爲清晰。但其弊處，在耗費時間與工作，且鐵質留在篩網過久，互相磨擦，每成幼粉，因而漏出篩網下。但此幼粉仍留在箱底，可隨時清理，故不至失去。

自然排洩法，則用較多之水量，將砂石由箱面排去，而鐵質則在篩面洩出。其洩出方法，如屬幼鐵，可用一寸半徑之鐵喉。穿入砂箱面，如第六十四圖 A。喉口與鐵砂相接處，放大如鐘口形，喉之尾截，則導出於跳汰箱外。喉尾有掣，可任意放出鐵質多少，俟鐵質積成層次，在喉口上約有二寸厚，方逐漸放出，庶不至與砂石混和。若砂石多而鐵質少，可將喉尾暫時關閉；俟有適量之鐵質，方再放出。若鐵質上再有一層含鐵中砂，則可用另一鐵喉在箱旁放出。如屬粗鐵，大於半寸徑者，則不能用鐵喉排洩，須用閘門排洩法，如第六十四圖 B。在篩面之



第六十四圖 (A)

旁，有四方排洩開口，配以閘門，有旋輪，可任意放高低，以便啓閉開口。開口之後，有 u 字形隔板，懸於橫木 b 上，配以螺釘，可任意放高低。此隔板所以隔開砂石，不至直接流出開口。隔板之下，與篩面相距處，祇除空隙，令鐵粒經此流出至開口。



第六十四圖 (B)

鑛砂及水，在篩網上為流動之質。鑛粒為砂石層所壓，經隔板之下，復湧上而流出閘口外，如虹吸引水之原理。故將閘門放高低，可節制鑛質放出之多少。閘口外接以閘層 b，鑛質及水，由此噴出如 p。圖中 d 為承接篩網之橫木。e 為篩網。k 為淨鑛層。i 為砂石層。倘淨鑛層上有中層含鑛砂石，可另設一閘門放出之。

### 跳汰機之用法

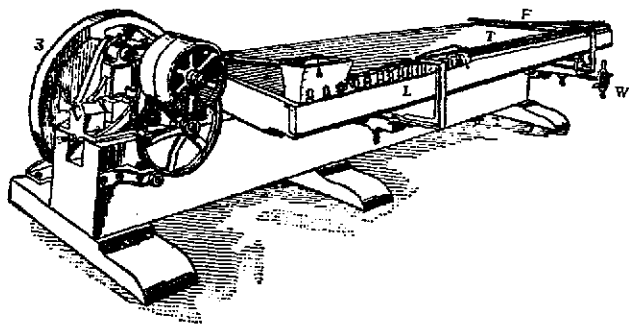
機械跳汰機，鑛砂及水之放入與排出，俱屬自然，循環不已，鑛砂在篩面上，時常流動。若底層已為淨鑛排列，則砂石決不能侵入底層。故在跳汰機未開始工作前，須先將淨鑛一層，鋪於篩面上，厚約二寸，然後將鑛砂及水放入。同時開放機關，令活塞上下升降，則砂石與淨鑛，漸能分成層次，其後再放開閘門，以便淨鑛排出。倘見砂石混入淨鑛，則將閘門關閉，俟鑛層積厚，方放出。若屬二網室相連之跳汰機，可令含鑛粗砂排出於第二網室，而第一網室之閘門放出淨鑛，第二網室之閘門專放含鑛砂石，此種含鑛砂石，名為含鑛中砂 Middling，須再碾碎，方能分出淨鑛。跳汰機之箱底，四面收束，作斗形，或作半圓形，其下有放砂門，若鑛粉積聚箱底，可由此放出。

### 跳汰機之馬力水量及選鑛量

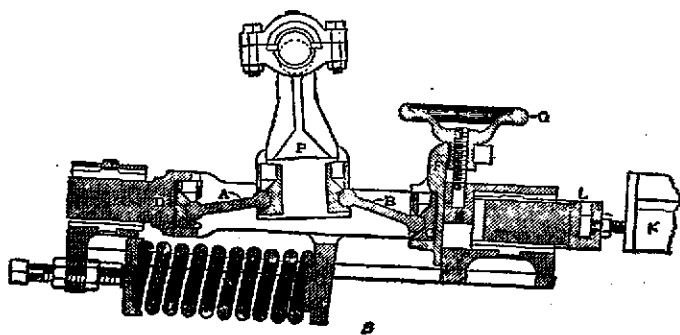
運動跳汰機之馬力，因鑛質之粗幼，活塞升降之大小遲速而異，選粗鑛之跳汰機，活塞升降距離高，需用馬力較大，選鑛亦較多。尋常跳汰機，平均每一平方英尺網面，需用十份之一以至十份之二馬力。自然排漚跳汰機，每一平方英尺網面，日夜二十四小時間，需用水量三千六百餘加倫。選鑛量最少。○·一五噸，最多九·六噸，平均半噸以至二噸。克氏跳汰機，網面三十六英寸乘十六英寸，平方四英尺。約需用半匹馬力，日夜選鑛五噸。

### 洗砂桌及洗砂帶

Concentrating Tables and Belt Vanners 洗砂桌及洗砂帶之作用，



第六十五圖 (A)

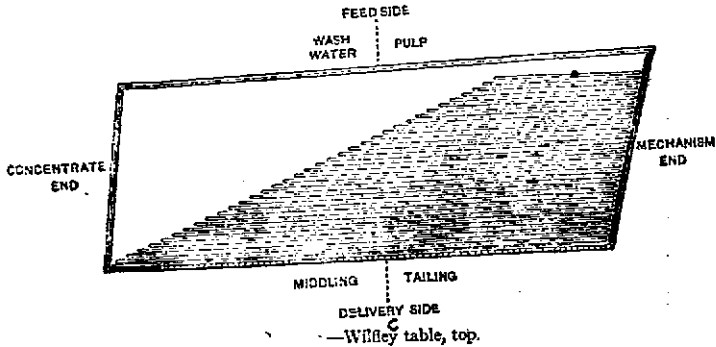


第六十五圖 (B)

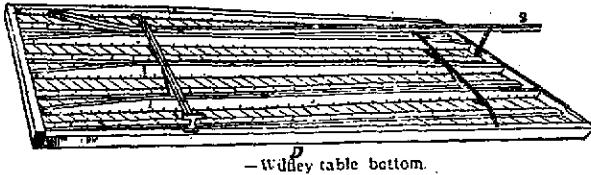
與簡單之人力淘砂盤及淘金斗相同。大致藉搖動之力，使質輕之砂土，浮於水面，質重之鑛粒，沉於水底。但人力淘砂盤，欲得淨鑛，必須俟盤中之砂土完全洗出，方能得盤底之淨鑛，其工作為時作時歇，洗砂甚少。若用機械洗砂桌或洗砂帶，則鑛砂及水，繼續流入機內，砂土由一邊浮去，鑛質由別一邊放出，其工作為連續無間，而洗砂甚多。每副洗砂機，每日夜二十四小時，能洗十五以至二十五噸鑛砂。洗砂桌之款式雖多，但以威氏洗砂桌為最通用而最佳，可用以洗二十目至四十目之鑛砂。洗砂帶則以符氏洗砂帶為最通用，可用以洗四十目至六十目之鑛砂。茲分別論之如下。

### 威氏洗砂桌

Wilfley Table 此機之全形，如第六十五圖 A。其搖動機械，第六十五圖 B。至於桌面及桌底之構造，則詳示於第六十五圖 C 及 D。桌長十六英尺，闊七英尺。桌面蓋以胡麻油布 Linoleum 一張，此油布之作用，能令鑛粒貼着於布面，不致浮去。但因機械推動之力，將此鑛粒逐漸送至桌尾出鑛處 Concentrate end，墜落於承接鑛砂之木箱內。其含鑛之中砂 middling 由桌旁之尾段放出，而砂尾 Tailing 則由桌旁之頭段放出，如第六十五圖 C 所示。油布之面，釘以細長



第 六 十 五 圖 (C)



第六十五圖 (D)

之木條四十六條，此木條為糖扇松木 Sugar pine 所製成，每條潤二分，頭端近桌頭處高半寸，逐漸削低，至尾端近桌尾處則薄如刀口。各木條之長短不一，依次排列如圖中所示。最長之木條，近桌旁出砂處。最短之木條，近桌頭入砂處。

鑛砂及水由桌之斗 h 放入，(第六十五圖 A) 分佈於漏底槽 L 之上段，由此流下於桌面。此漏底槽之尾段，則專放清水，由槽旁之小孔滴落桌面。此外復有滴水槽 T 及橫槽 F 滴水於桌面，洗淨已到桌尾之鑛砂。桌之斜勢，近入砂斗及滴水槽之一邊高，近槽旁出砂尾及中砂處之一邊低。桌面木條之作用，在乎攔阻鑛粒不致流出於桌旁。其最輕之砂土，為水沖動，跳過桌頭木條之高處，而至桌旁之頭段放出。其次重之含鑛中砂，則僅能跳過木條之低處而至桌旁之尾段放出。其較重之鑛砂則不能跳過木條，祇向桌尾前進，由機械推動之力，送至桌尾，墜落於接鑛箱。此種構造，不特可將鑛質與砂土分離，並可將比重較大之鑛粒，與比重較輕之鑛粒分離。如方鉛鑛或錫石，或錳鑛，比重六以上者，可與閃鋅鑛或毒砂或黃鐵鑛，比重五以下者，分兩路而出於桌尾。重者由桌尾之上邊近流水槽 T 處放出。輕者由桌尾之下邊，近含鑛中砂處放出。可分別接以木箱。故威氏洗砂桌，最適用於方鉛鑛與閃鋅鑛，錫石與毒砂，或錳鑛與黃鐵鑛之混合鑛砂，因此稱鑛砂，為天然之附產品，惟威氏洗砂桌能將其分別洗出。故其用途為最廣也。

桌面之斜勢，可由桌下之手輪 W (第六十五圖 A) 較高低。桌下



有搖船式 Rocking 之鐵樑二條，靠於工字鐵架上，藉槓桿之力，可高低搖動。而槓桿之一端，則藉直置之軸輪升降。此軸輪又藉齒輪作用，與手輪 W 相連。故轉動手輪，則鐵樑因而搖動，而承於鐵樑上之桌面，因而斜高或放平。桌面之下，有船底式之鐵足四箇，恰座於每一鐵樑上之兩個凹座內。此鐵足之作用，不特承起桌面，且桌面受機械推動時，四足在凹座內，進前退後，而桌面藉此為支點也。

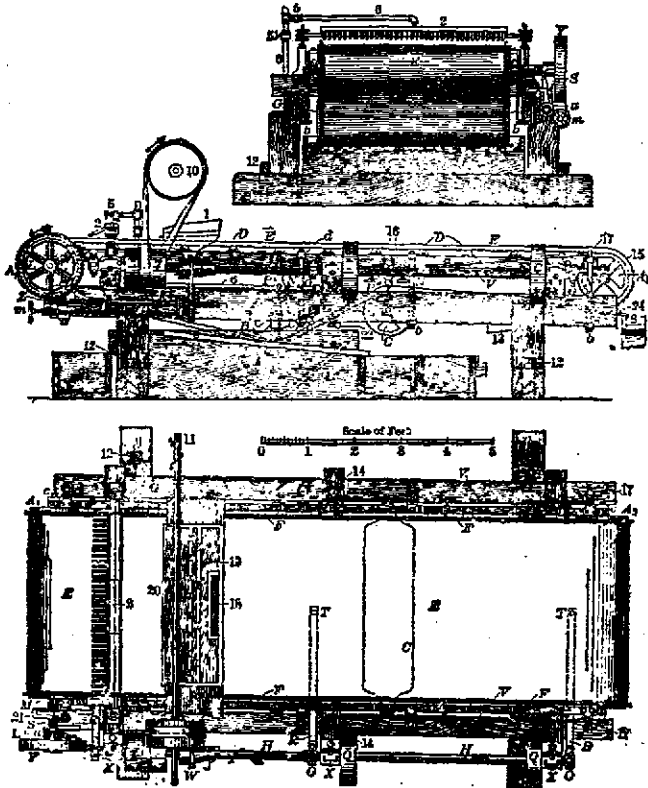
桌面之進前退後，由頭推至尾，復由尾拖回頭，往復行程，由五分以至壹寸，長短可由手輪 G (第六十五圖 B) 節制。此手輪有螺絲鋼心，尾端旋入固定之鐵座 H 上，其上復則套入走動枕 F。手輪旋低，則走動枕壓下而行程長，手輪旋高則走動枕提高而行程短。環繞固定鐵座 H 之外，為推前拖後之長方鐵架 L。此鐵架之頭端，以螺絲連於桌面頭 K，尾端為方柱形之進退桿 D，套於固定桿套內。此鐵架之推前拖後，藉上落槌 P 及杵臼式關節 A B 之力。槌 P 下行，則 A B 成直線形，藉固定鐵座 H 為支點，拖鐵架 L 退後。槌 P 上行，則 A B 收縮，復助以彈弓 E 之力，推鐵架 L 前進。當 A B 收縮成三角形時，其運動最速，復助以彈弓之力，故鐵架 L 推前極速，而拖後則慢。桌面亦因之推前速而拖後慢，故鐵粒已推進至桌尾後，不能復回至桌頭。此為洗砂桌推動之要旨，所以令淨鏽分離，走至桌尾放出也。

威氏洗砂桌有配以起砂輪者，如第六十五圖 A 3。所以起回含鏽之中砂，復引導至入砂斗 h 而再洗淨。但現在此項起砂輪，多數不用，因含鏽中砂，非再經研幼後，不能將鏽粉分出也。

每具威氏洗砂桌，需用運動馬力半匹，每分鐘推前拖後二百四十至二百五十次，需用水量五以至二十加倫。每日夜二十四小時，能洗鏽砂二十以至二十四噸。

### 符 氏 洗 砂 帶

(Frue Vannar) 此機如第六十六圖，為其橫面形，縱面形，及平面



第 六 十 六 圖

形。圖內 E 為連環無端之樹膠帶，繞於頭轆 A<sub>1</sub> 尾轆 A<sub>2</sub> 及中轆 C B 之外週。帶闊四至六英尺。頭轆 A<sub>1</sub> 與尾轆 A<sub>2</sub> 之距離為十二英尺，轆徑十三英寸。樹膠帶兩旁，有突起之邊緣，高一英寸一分，以防砂水向兩旁溢出。全帶及各轆，承於搖動之木架 F 上。架面有小轆 D，共十二個，用以托平帶底，便不致中央彎下。全架懸掛於八條之搖

動柱 N。柱以扁鋼製成。兩旁各四條，柱脚連於鋼枕 b，而鋼枕 b 復用螺釘連固於架旁之直木 C。架向兩旁搖動，而樹膠帶則向頭尾運行。帶由尾轆 A<sub>2</sub> 上行至頭轆 A<sub>1</sub>。帶面之斜勢，由尾轆至頭轆，升高三英寸以至六英寸半，可任意較高低，其頭段過了裝砂箱 1 而至頭轆 A<sub>1</sub> 時，斜勢更急，約多五分。因此，近頭轆 A<sub>1</sub> 之第一個小轆，與裝砂箱 1 下之第四個小轆相較，約升高五分。此項斜勢，能令鐵粒由樹膠帶運至裝砂箱底後，經過水槽 2 時，為水槽噴出之水花沖淨，然後帶至頭轆 A<sub>1</sub> 下，墜落於接續箱 9 中。但帶面尚有鐵粒黏着，此帶行至中轆 B 時，墜落於水箱 4 中之水面下，為水洗淨，鐵粒由木槽流至沉積箱 7。帶面及帶底，復有水管 22 及 23 噴射洗淨，此帶經過轆 B 後。復上行過轆 C 面，而回至尾轆 A<sub>2</sub>。

鐵砂及水，由裝砂箱 1 之首室 18 放入，復分為四路，經過隔板 19，再分為八路流出層 1，而落於樹膠帶面上。此裝砂箱支柱於搖動架 F 上，隨架搖動。砂水流出處，貼近樹膠帶面 20，分佈平勻，砂水層厚 0·一五英寸以至 0·二〇英寸。樹膠帶隨架搖動，振盪砂水。質輕之砂土，隨水向下流，至尾轆 A<sub>2</sub> 落於木層 24，而入於砂尾槽 8。質重之鐵粒，黏着於帶面，隨帶上行至水槽 2 下，被水沖淨附着之砂土，祇除淨鐵，然後運於頭轆 A<sub>1</sub> 下，而入於接續箱 9 中，水槽 2 之兩端，支柱於固定架之橫木 X 上。槽上有水喉及水掣，可任意節製水量。水槽放出水之處，有小噴管一行，每管相離一英寸半。管口離樹膠帶面一英寸半，水由此高度噴下，可沖淨砂土。

固定架用木料製成。架底為貼地之橫木二條，每條之上，各豎企柱 3 二條，柱脚插筍於橫木內，筍旁用木楔 12 逼緊。近架尾之二柱，較低於架頭之二柱。固定架之直木 G 斜放於企柱之肩上。尾柱肩上有尖劈 13，所以節制架尾之高低，由此可較樹膠帶之斜勢。直木 G 二條之上，貫以橫木 X 三條，以螺絲鐵連固。

搖動架亦用木料製成。有直木 F 二條，及橫木五條，用螺絲鐵互相聯固。直木 F 之頭尾各裝軸套架二副支持頭轆 A<sub>1</sub> 及尾轆 A<sub>2</sub>。中

央有懸吊之軸套架 P 二副，支持中轆 B 及 C。架面有小轆 D 十二個，托平樹膠帶。架旁用螺絲連固於兩旁之四條搖動柱 N。架底有橫鐵三條，每條中央鑲有螺釘 T，連接於進退桿 R 而全架即藉此搖動。

搖動之力，由皮帶轆 10，運行四份一轉向皮帶，轉動皮帶轆 I 及縱軸 H。軸之頭尾及中央，配以歪輪 O 三個，運動三條進退桿 R，藉此搖動木架 F 之螺釘 T，而全架向兩旁搖動。進退行程約一英寸，每分鐘進退一百八十以至二百次。縱軸 H 之軸套架，連固於橫木 X 上。軸尾及中央配有飛輪 Q 二個，使轉動之力平均。軸頭配有錐狀轆 J 一個，由此傳達運動之力於樹膠帶。

樹膠帶之行程甚慢，每分鐘祇二十四英寸以至三十英寸。運行之力，由錐狀轆 J 藉皮帶轉動皮帶輪 W 及輪軸 K。輪 W 之外週，為凹槽形，以防皮帶脫落。輪軸 K 之頭端有螺旋輪 Z，轉動大齒輪 L。此齒輪 L 之軸 S 與頭轆 A<sub>1</sub> 之軸 M 相接處，有曲拐及扁彈弓 21，彈弓隨木架 F 之搖動而開合，但輪軸 S 之轉動力仍可傳達於轆軸 M，而轆 A<sub>1</sub> 及樹膠帶因而運行。帶行遲速，可藉輪軸 K 及手輪 M 節制。將手輪旋轉，推動進退桿，將皮帶輪 W 推前退後，則皮帶行於錐狀轆 J 之大端或小端，而快慢可節制。輪軸 K 及手輪 M 等之全重，一則藉皮帶懸掛於錐狀轆 J，一則藉軸套及螺旋輪 Z，支掛於鐵罩 Y 之下端。此鐵罩包含大齒輪 L，並藉手輪 M 推動，可認為轉向，使輪軸 K 及輪桿 M 等之全重專注於此處，而皮帶輪 W 則升起，不與皮帶相貼，輪軸 K 及齒輪 L 因而停止運行。若欲樹膠帶不行，而搖動架繼續搖動，以便清理篩砂者，可適用此法。若將鐵罩 Y 旋下，復令皮帶輪 W 掛於皮帶上，則輪軸 K 照常運行。

樹膠帶有製成平面者，所用水量較少。斜勢較緩。清水槽內每分鐘需用洗篩水量一至一·五加倫。放砂箱內砂水混合放入，每分鐘用水一·五以至三·加倫。砂水內，鏽粒及砂土佔三成，水佔七成，帶面之斜勢，每十二英尺升高三英寸以至四英寸。四尺濶之平面帶，

每日夜二十四小時，可洗五十目之幼砂四以至六噸。樹膠帶亦有製成褶面者名為褶面帶，Corrugated Belt。帶面有橫過之褶紋，成為淺槽及突起形。選鑛量比較平面帶為多，但選出之礦粒，每合砂土，不若平面帶之淨。所用水量亦較多，斜勢亦較急，每十二英尺升高五·五以至六·五英寸。每具洗砂帶，需用運動力四份之一馬力 1/4 H.P.。符氏洗砂帶，最適用於選淨四十目以下之幼鑛砂。金銀鑛砂，經舂槌舂幼後，流過水銀銅板及提水銀井，可再導入洗砂帶，截留合金銀之黃鐵鑛幼砂。每副五頭舂槌所出之鑛砂，需用二副洗砂帶洗淨。每人可管八副洗砂帶。

### 幼粉選鑛桌

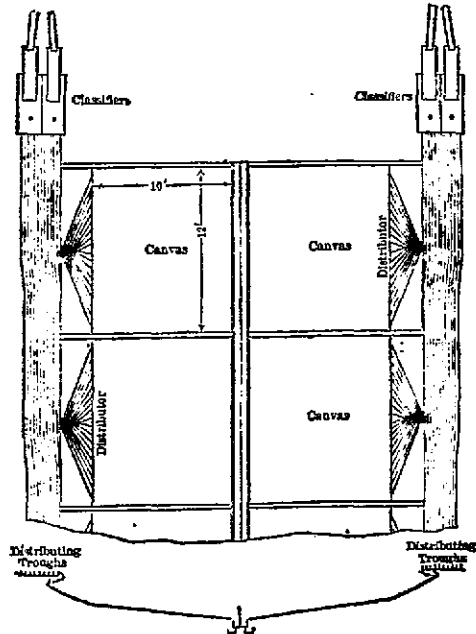
Slime Tables 六十目以下以至極幼之微塵，皆可稱為幼粉。從前各選鑛場對於幼粉之處理，祇用幼粉選鑛桌，但此種處理方法，極不妥當。因此項幼粉，所含之鑛塵，比較砂土為幼，大都浮於水面，往往砂土未去，而鑛塵先走。鑛塵之發生，以硬度較低之鑛為多。同一鑛石，以舂槌或碾石機所產之鑛塵為少，磨石機及研石機所產之鑛塵為多。硫化鑛物，硬度恆比石英及母岩為低，故黃銅鑛，輝銀鑛，方鉛鑛，輝錳鑛，閃鋅鑛及合金銀之黃鐵鑛，輝銀鑛等，所產鑛塵極多。硫化鑛物，硬度低之孔雀石（碳酸銅）碳酸銻、養化銻等，比較硬度高之錳石，狼鐵礦（錳鑛）等所產之鑛塵為多。銻鑛、錫石及錳鑛之鑛塵，比重甚高，尚可設法截留。碳酸銅鑛及各種硫化鑛塵，以比重不高，任何洗鑛機皆不易截留。故現今各大選鑛場，對於硫化鑛物之鑛塵，俱採用浮游選鑛法，將鑛塵和水及油與空氣，設法激成泡沫，浮於水面，而砂土則沉於水底。養化銅，養化銻等鑛塵，亦可放入輕硫氣  $H_2S$ ，使之變成硫化鑛塵，然後採用浮游選鑛法。合金銀之鑛塵及砂尾，可直接用青化法 Cyanide Process 提取金銀，毋須經過選鑛手續。故現今幼粉選鑛桌，在歐美各大選鑛場，已不

復如前之通用。因鑛粉選礦桌之料理，手續浩繁，用工多而修理費亦昂，不及浮游選礦法之簡便。但對於比重甚高之錫石、鉍、鎢、鎢及自然銅等之鑛塵，則仍用幼粉選礦桌截留，惟選出之淨鑛，尚含砂土甚多，決不能如粗鑛砂之淨也。

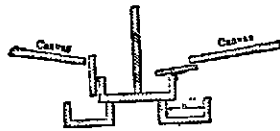
幼粉選礦桌，有屬方形者，如帆布選礦桌是，Canvas tables。有屬圓形者，如選礦圓桌是，Buddles。選礦圓桌，又分為固定圓桌，Stationary buddles 及旋轉圓桌 Revolving buddles 二種。而幼粉及水之放入方向亦各異。有由桌邊流入桌中心者，名為內流圓桌，Inward-flow buddles。有由桌心流出桌邊者，名為外流圓桌，Outward-flow buddles。外流圓桌，比較內流者為優，因水流方向，由狹而潤，速率漸減，鑛粉易聚於桌中，而桌邊砂尾則無鑛也。茲將各項幼粉選礦桌，分別論之如下。

### 帆布選礦桌

Canvas tables 第六十七圖 A 為帆布選礦桌之平面形及橫截面形。此桌有二行，互相對向，鑛粉及水，由桌頭之分佈器 Distributor 放入，向中央之橫槽流出。桌潤十二英尺，長十英尺，桌頭二英尺為分佈器，實長十二英尺。桌之斜勢，每英尺低一·五英寸。桌以木板製成，面上蓋以帆布一張。帆布之經線，較緯線為突起，宜將經線橫放於桌上，以便截留鑛塵。幼粉及水，由水力分砂機，分路入於桌頭之木槽，由此木槽，分路入於分佈器，然後散佈於帆布面。砂土輕而上浮，隨水流落中央之砂尾槽。鑛粉則黏於帆布面，俟若干時後，積聚既多，乃停止放入幼粉，用噴管注水，將鑛塵洗入鑛槽內。鑛槽在砂尾槽之兩旁，上有隔板如第六十七圖 B。將隔板平置，則幼粉及水流入砂尾槽。將隔板豎立則鑛塵及水流入鑛槽。此項帆布桌，如用二十六張，每行十三張，互相對向，每日夜可洗幼粉三十噸，得鑛塵二噸。



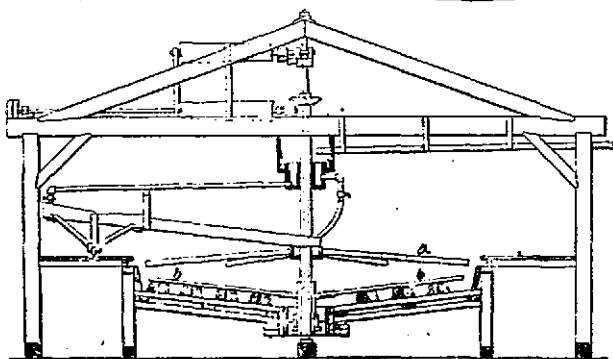
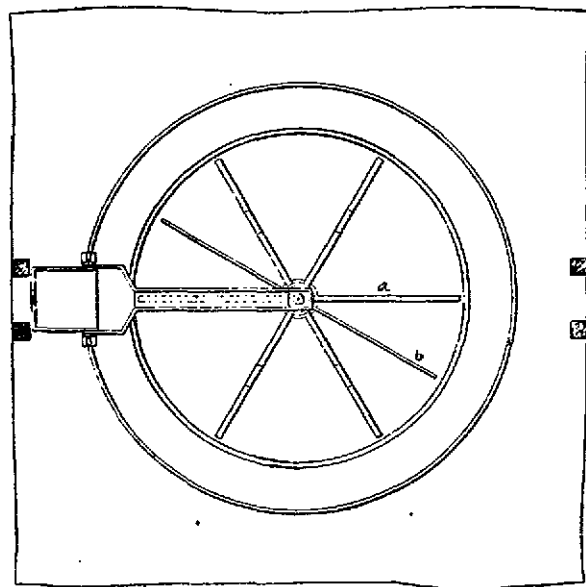
第六十七圖 (A)



第六十七圖 (B)

### 固定選鑛圓桌

Stationary Budles 此項圓桌之面，如屬內流式，則桌面成凹鏡形。幼粉及水，由桌中央之十字喉放射於桌週，如第六十八圖 a 此喉與



第 六 十 八 圖

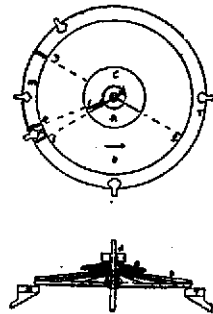


中央之入砂斗相連，並藉機械之力，可四向旋轉，藉此勻佈鑛粉於桌週。貼近桌面處，有旋轉臂 b。配以硬毛掃，將幼粉掃勻。鑛粉及水由週邊入，由中央出。俟八時以至十二時之久，桌週積滿鑛塵，桌中央則為砂尾，介於此二者之間，則為合鑛中砂。三項各成環形，留於桌上，可分別用人工篩出。圓桌徑十一以至三十英尺。通常用木板製成，或用鐵片作板，而桌面則敷以木板或土敏土。外流之選鑛圓桌，桌面成突鏡形或雨傘形。中央有旋轉放砂斗，將鑛粉及水散佈於桌中央，由此四向流出於桌週。桌面之斜勢，每英尺約低一以至二英寸。鑛塵聚於桌中央，合鑛中砂在中段，砂尾則在桌邊，各成環形。外流之桌，鑛塵之環較小，而鑛質甚淨，合鑛中砂，佔面積特多，桌邊之砂尾，通常無鑛。內流之桌，鑛塵之環在桌邊，佔地頗闊，而鑛質不淨，合鑛中砂之環較小，而桌面中央砂尾則不免仍挾鑛質。故除特別原因外，所有選鑛圓桌，宜用外流式。合鑛之砂，可再復放入圓桌洗淨，或再經研幼，然後再洗。

### 旋轉選鑛圓桌

Revolving Buddles 固定之選鑛圓桌，清理鑛塵及中砂，全仗人力，清理時，必須停止選鑛，未免費時失事，故現今各大選鑛場，為惜時省工起見，莫不採用旋轉選鑛圓桌，以求工作連續無間，而鑛塵中砂及砂尾，可分路自然放出。此項旋轉桌運動之大意，可觀第六十九圖。

d 為中央固定之分佈器，內分二部，一部放幼粉及水，一部專放清水。cc 為不動之圓傘，鑛粉及水，由分佈器流注於傘面之小部份 a 而清水則由分佈器流注於傘面之大部份 c。傘下為機械旋轉之傘形圓桌 b，依圖中箭矢之方向旋轉。桌面由 1 至 2 之部分，

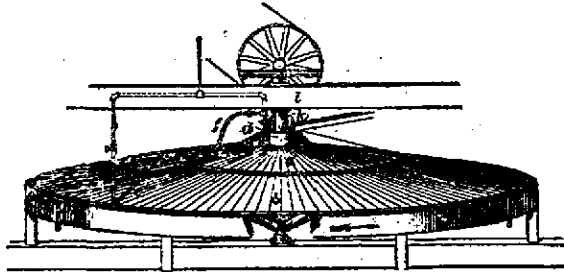


第六十九圖

爲傘面 a 部之幼粉及水流注，鑛塵沉底，砂土在面上。及至此部份轉至由 2 至 3 時，桌面之砂土，被傘面 c 部之清水沖射，逐漸洗去，祇餘中砂及鑛塵。再轉至由 3 至 4 時，中砂亦洗去，祇餘鑛塵。再由 4 而復同至 1 時，c 部清水，加入噴管 f 射下，水勢驟急，鑛塵亦被沖去，入于鑛槽。圓桌之外，可依砂尾中砂及鑛塵之位置，接以環形之砂尾槽 T，中砂槽 m，及鑛槽 n。傘面 a 部，佔全面之三份一，以至五份二，其餘爲 c 部放清水處。桌徑十二以至三十英尺。傘徑與桌徑之比，約爲二與五之比。桌面旋轉速率，如專洗幼粉，則每五分鐘轉一次，如洗幼砂及幼粉之混合質，則每分鐘旋轉二次半。旋轉愈速，則洗鑛愈多，但以砂尾勿含鑛塵爲限。桌面以木板或鐵片製成，面上鋪以密板或土微土。

### 蝸壳形傘面旋轉桌

Spiral-apron Revolving Buddles 此項旋轉選鑛桌，爲伊文思氏 Evans 所發明，故又名伊文思選鑛圓桌 Evans Buddle 如第七十圖，a



第 七 十 圖

c 爲蝸壳形之不勁傘面，面積由 a 至 c，逐漸擴大。幼粉及水，由槽 k 入分佈器 d，此器有橫隔板，分爲一部份放幼粉及水，一部份專放清水。幼粉及水，流落傘面 a 部。而至旋轉桌面 b 上，鑛塵沉底，黏於桌面中央之環。此桌面依圖中之箭矢方向而旋轉，此中央鑛環，

漸旋入蝸壳形傘面之下，爲所遮蓋，不至爲水沖去。而桌面之中砂環及砂尾環則露出於傘面之外。及桌面旋至傘面 c 部之下時，爲 c 部流落之清水沖洗，砂尾流去，祇餘中砂。此中砂旋至水喉 e 之下時，爲喉底小孔噴出之水沖射，而中砂亦流去。再旋至傘面 a 部與 c 部交界時，鑛環再復露出，爲水喉 f 沖洗入於鐵槽。由此復回至 a 部時，桌面再復承接幼粉及水，砂尾及中砂再蓋滿於桌面上，而鑛塵則粘着於桌面中央之環。如此循環不已，鑛塵中砂及砂尾分路放出，可在桌週之下，承以環形槽。桌面旋轉之力，由皮帶轉動小齒輪，再由此轉動桌面頂上之大齒輪。桌面之斜勢，每英尺低一·二五英寸。傘面之斜勢，每英尺低一·七五英寸。徑十四英尺之桌，每八十秒鐘旋轉一次，每日夜二十四小時，可洗幼粉二十五以至三十噸。蝸壳形之傘面，懸掛於橫梁 l 之下，可較高低，並可畧向左右轉動，使部位適合於桌面接幼粉及出鑛塵之位置。

## 選 鑛 機 械 雜 項

### Micellaneous Concentrating Apparatus

#### 人 工 揀 鑛 帶

Hand-Picking Belts 鑛場內所採出之鑛石，往往夾入無用之岩石。如煤之與頁岩，鐵鑛之與柘榴石火石，或銅鉛鋅鑛之與母岩，在開採時間，全時鋤掘及爆炸，在鑛坑內，往往不能分開。故鑛石運出井口或坑外時，必須設有揀鑛地點，以便揀去無用之岩石，增加合鑛成份，減去廢石運費及選鑛費。此項無用之岩石，如爲整塊，可逕行棄去，如與有用鑛石相連，則用槌敲開，然後揀去。但此法祇適用於大塊鑛石，若爲碎塊之岩石及鑛石，混在石堆內，則不易揀出，必須設法使鑛石運經數十尺長之皮帶，使碎石顯露於目前，方便揀出。如鑛石面上爲泥土發蓋，則必須先經洗土機洗去泥土，然後運行於

帶上，方易揀淨。至於質脆而軟之鑛石，如孔雀石（碳酸銅）辰砂（硫化汞）等，用水力選礦，損耗甚多，宜運經揀礦帶上，將鑛石揀淨，使鑛石含銅百份之五或含汞千份之七以上，便可直接提煉。此項揀礦帶，如第七十一圖，為連環無端之樹膠帆布帶，闊二十四以至六十

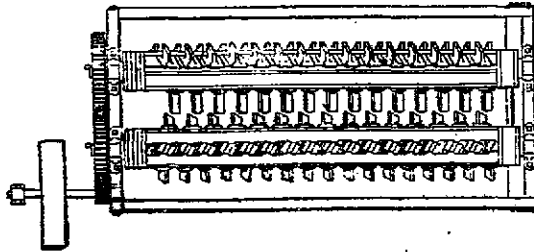


第 七 十 一 圖

英寸，厚三層以至六層，因載重之多少石塊之大小而異。帶之長度，可因選礦路之長短及揀礦工作之多少而增減。帶兩頭繞於大轆上，以便運行。中央行經鐵轆上，以便承托所載鑛石。每套鐵轆，以三個合成，中央一個平置，旁邊兩個斜置，樹膠帶行經其上，成為淺槽，可載鑛石。帶之兩旁有工人多名侍候，一見有無用之石經過，立即揀出。或見有岩石與鑛物混合塊，則取出敲去岩石。鑛石徑八寸以下以至一寸徑者，皆可依此法揀淨。過大者宜先敲碎，過小則不易揀也。

## 洗 土 機

Log Washers 鐵錳礦石，如美國東南各省之褐鐵礦，中國廣西省武宣桂平之硬錳礦，每含泥土，此泥土之大部份為鋁矽酸，有礙熔煉。若經過洗土機，將泥土洗淨，則可增加鐵錳之成份，減少鋁矽酸雜質，而鐵價自可增高。其他礦石，面上為泥土漿蓋者，亦必須洗淨，始可運經揀礦帶，用人工揀出廢石。此項洗土機，如第七十二圖，為



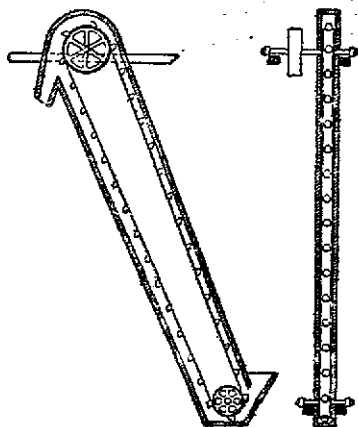
第 二 十 七 圖

木製之長槽，槽長十六以至三十英尺，闊六以至八英尺，深二以至三英尺。全槽斜置，斜勢每英尺低六分以至一英寸二分。槽尾有齒輪及皮帶輪，轉動洗土之軸。槽內有相對旋轉之多齒輪二個，輪面鑲以鐵齒四行。此鐵齒用丁字鐵截短製成，藉螺釘連固於輪面，互相斜向，成螺旋線形。兩輪相對旋轉，則輪面之齒將礦石由槽尾撥至槽頭。礦石由槽尾放入，清水由槽頭流落，洗去礦石之泥土，向槽尾放出，而礦石則逐漸撥至槽頭，墜落於鑛斗。通常每兩副洗土機並用，使機器旋轉之力均勻。輪長十七英尺之機，每兩副每日夜二十四小時，可洗鑛石壹百以至二百噸。每分鐘用水五十以至叁百加倫。須用運動馬力十二匹。洗鑛輪之旋轉速率，每分鐘十二次。

## 連 環 起 砂 斗

Chain-and-Bucket Elevators 選鑛場內，往往有將不過篩之粗砂，

運回至碾石轆碾幼者。亦有將跳汰機及洗砂桌所放出之含鏽中砂，運上至磨石機研幼，然後再行淘洗者。此項粗砂通常用連環斗運上。第七十三圖為連環斗之側面圖及正面圖。斗以鐵片製成。斗之小者釘於樹膠帶面上，其大者則用鋼鏈聯貫。樹膠帶連環斗，可環繞於圓形車轆之外週以資旋轉。鋼鏈連環斗則環繞於八角形之車轆而旋轉，每鏈之長，等於車轆週邊之長。此項連環斗運動之速率不能過高，否則鏽砂運至頂上車轆時，不能完全蕩出，入於接受器，而斗內所餘之鏽砂，經過頂轆後，復倒回於底轆之槽內，必至漸積漸多，有礙底轆之旋轉，而樹膠帶或鋼鏈不能運行，且有中斷之虞也。連環斗之適當運動速率可照下列公式計之。



第七十三圖

$$n = \sqrt{\frac{35,000}{R}} \quad (\text{公式十五})$$

式內  $n$  為車轆每分鐘旋轉次數。  $R$  為轆之半徑，加入樹膠帶之厚度，並加入斗深之半數，俱以英寸計。設題以明之。

設如斗長十四英寸，闊七英寸，釘於樹膠帶上。帶厚六層，共厚四分之一英寸。帶面每十八英寸長，釘一斗。車轆徑四十八英寸。問每分鐘車轆應轉若干次。倒砂若干斗。

$$R = 24 + \frac{1}{4} + 3\frac{1}{2} = 27.75 \text{ 英寸}$$

$$n = \sqrt{\frac{35,000}{27.75}} = 35 \text{ 每分鐘旋轉次數}$$

$$\text{樹膠帶每分鐘速率} = \frac{48 \times 3.1416}{12} \times 35 = 440 \text{ 英尺}$$

$$\text{每分鐘倒砂} = \frac{440 \times 12}{18} = 290 \text{ 斗}$$

計算得車轆每分鐘應轉三十五次。倒砂二百九十斗。

### 自 動 裝 鑛 機

Automatic ore Feeders 鑛石由鑛斗墜入碎石機時，多少宜有限制，且須連續不斷，庶碎石工作不致間斷，而碎石量可以增加。工價廉之地，可用人工裝鑛，然亦不能如自動裝鑛機之平勻，故現今各大選鑛場，莫不有自動裝鑛機之設備。第七十四圖，為自動裝鑛機之

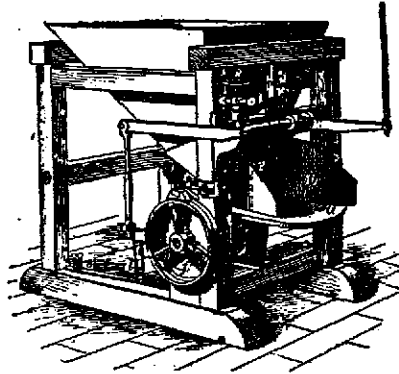


第 七 十 四 圖

一，名為膠帶裝鑛機，Apron Feeder 鑛斗之下，承以連環樹膠帶。斗旁有門，可開大小，以便放鑛多少。此項裝鑛帶，最適合於裝鑛石入碾石轆。帶面之闊，等於轆面之闊，鑛石勻敷於轆面，而碎石力平勻。

舂槌之裝鑛機，則不用樹膠帶，而用接續裝鑛機，Intermittent Feeder。此機之最通用者，名為差令治裝鑛機 Challenge Feeder。第七十五圖，為此機之全形。舂槌臼內中央之槌柱，於適當位置處，配有鐵環一個。槌落時，擊落裝鑛機之豎桿。此豎桿落下時，撥動橫桿，傳達其力於旋輪 f。由此旋輪，轉動齒輪，將鑛斗下斜置之圓碟 a 畧

爲轉動。碟上礮石，由鐵斗之閘門墜下，被旁片b所刮，落於春槌之臼內。槌柱上升時，鐵環舉離，豎桿及橫桿藉彈弓s及桿l之力彈高，復回原位。如臼內礮石已少，則槌柱落下之地位爲最低，擊落豎桿之距離爲



第七十五圖

最長，旋輪f之轉動最多，因而裝礮亦多。若臼內礮石已多，槌柱之位置既高，不至擊動豎桿，而旋輪不致轉動，礮石亦停止裝入。此機裝礮多少，可自動節製，無須人工管理。斗前配以手輪c，可將橫桿及豎桿之位置較高低，而裝礮量因之較多少。

## 選礦機械之選購

### Installation of Ore-Dressing Machinery

未購選礦機以前，礦床必須經充份之試探。計算礦量多少，由此決定選礦機之大小。試驗礦物品體大小，由此決定碎石機之種類。試驗礦物是否氧化，抑硫化，抑或氧化與硫化混合，由此決定有無添置浮游選礦機之必要。試驗礦物是否與合鐵之伴生礦物混和，由此決定有無添置電磁攝礦機之必要。往往同一礦床，面上爲氧化礦物，而底下屬硫化礦物者，如銅鉛鋅等礦是。亦有而上屬自然金銀礦，而底下變爲合金象之黃銅礦者。亦有面上爲方鉛礦，而底下變爲鉛鋅混合礦者。如此則選礦方法，先後不免變更，選礦場內，須多留空位，以便隨時添置新機。



## 晶體大之鑛物

如黃銅鑛，方鉛鑛，閃鋅鑛，輝錫鑛，銀鐵鑛（鉛鑛）等，鑛物顆粒，與砂石截然分離，祇須將鑛石壓碎成粗砂，便可選淨。此項選鑛場之設備，其主要部份，為碾石轆及跳汰機。鑛石先經壓石機壓至一寸徑以下，再經碾石轆，碾至半英寸徑以下。經過四分徑三分徑二分徑一分徑半分徑等篩眼，分裝於五具跳汰機淘洗之。由跳汰機放出之合鑛中砂，用連環起砂斗，搬上於亨廷屯磨石機磨幼至二十目以下，連同碾石轆所產之幼粉，經過水力分砂機，分出二十目三十目四十目五十目等幼砂，分別裝入洗砂桌及洗砂帶選淨。其六十目以下之幼粉，如為黃化鑛物，則用幼粉選鑛桌洗淨，如為硫化鑛物，則用浮游選鑛機選淨。如為硫化及黃化混合鑛物，則先經幼粉選鑛桌，選出黃化鑛物，再經浮游選鑛機，選出硫化鑛物。浮游選鑛，宜將六十目以下之鑛粉再用彈丸磨石機研至一百目，所得成績較優。

## 晶體小之鑛物

如錫鑛鉍鑛等，鑛粒多包含於石內，須將鑛石研成幼砂，始能分離。此項選鑛場之主要部份，為亨廷屯磨石機及洗砂桌洗砂帶。鑛石先經壓石機壓碎，過碾石轆，碾成二分徑以下之幼砂，分別裝入跳汰機，取其淨鑛，尚餘多量合鑛中砂。此項中砂，再經亨廷屯磨石機，磨成二十目以下之幼砂，連同碾石轆所產之幼粉，經過水力分砂機，分別裝入洗砂桌，洗砂帶，及幼粉選鑛桌等洗淨，如上文所述。此項合鑛中砂，既佔多量，則亨廷屯磨石機及洗砂桌等，亦宜添設多具。

## 金銀鑛石

碎石選鑛而外，更須兼用汞引法，青化法，及鎔煉法，方能將金銀提淨。此項鑛石之選鑛場，以春錫，水銀櫃，洗砂桌，青化溶液池等

為主要部份。鑛石先經壓石機壓碎，入於自動裝鑛機，放入春槌臼內，與水混和，春成三十目以下之幼砂。其所含之一部份金銀，被臼內水銀板吸引。幼砂與水，由臼前之篩眼射出，流落於臼前水銀板內，一部份金銀，復被吸收。流出之砂水，先經過水銀井，截留散失之水銀。由此水銀井，再由木槽導至洗砂桌或洗砂帶，洗出含金銀之黃鐵礦。而砂尾及幼粉，則流至自動沉積箱內，除去多份水量，所餘砂土漿，可用青化鉀溶液提取金銀。含金銀之黃鐵礦，經煬硫後，可入於鉛鑛熔爐，金銀被鉛吸收，由鉛可復提出。

### 含硫化銀豐富之鑛石

不宜用淘洗法選淨，因硫化銀甚脆，每成幼塵，易於浮走也。此項選鑛方法，可取法於美國力華打省湯落柏之選鑛場。此處所產之含銀鑛物，為輝銀鑛，錫銀鑛，脆銀鑛，角銀鑛及自然銀等。此項鑛石，經壓石機壓碎後，放入春槌臼內，和青化鉀溶液，春成幼砂，此溶液含 KCN 0.7% 加熱至  $60^{\circ} - 90^{\circ}\text{C}$ 。由春槌瀉出之幼砂及溶液，復放入彈丸磨石機內研成幼粉漿。此粉漿取出後，入於攪動池內，再加以適量之青化鉀，石灰，及磷酸鉛等溶液，放入壓縮空氣，攪動至四十八小時之久。將此漿液放出，經過壓榨滲漏器 Filter Press 濾取淨液。此淨液流經鋅粉箱內，所含金銀與鋅替換，沉澱成金銀幼塵。此法當於第六章青化法再詳論之。

### 碳酸銻輝銻鑛

狼鐵鑛(銻鑛)等之混合鑛石，如廣東揭陽翁源，廣西賓陽所產，可將鑛砂先經跳汰機洗砂桌洗淨。焙乾後，可用強有力之電磁攝去銻鑛，祇除銻鑛。

### 錫鑛與黃鐵鑛

輝錫鑛與鐵鑛伴生之鑛石如廣西南丹所產，可將鑛砂先經跳汰機洗砂桌等洗淨。將此淨砂，放入煬硫爐內，輝錫鑛變成黃化錫，化

煙而去，可收集於凝氣室中。黃鐵礦變為養化鐵，錳礦及鉛礦不變，將此混合礦砂，先經弱力電磁，攝去養化鐵，再經強力電磁，攝去鉛礦，祇餘錳石。

## 硫 化 鉬 礦

如福建永泰，廣東大埔所產，其粗粒者可用跳汰機洗淨，其幼粒者，最適宜於浮游選礦，因硫化鉬極易浮也。

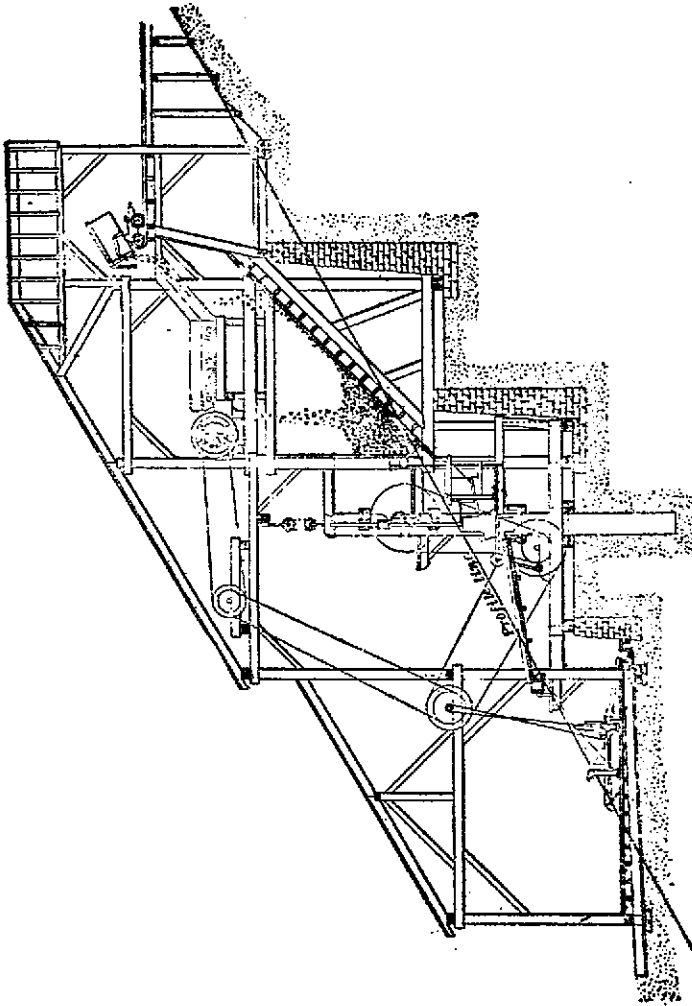
凡此種種，為選礦場應有之設備。於未購機械之前，宜先從事充份探礦，將平均鑛辦，詳細研究，適用於何種機器，方行購致，庶易成功也。

## 選 鑛 場 之 佈 置

### General Mill Arrangement

### 重 力 之 利 用

選鑛場內，鑛石由鑛車倒落鐵砵櫃而至壓石機。壓碎後，入於鑛倉。由鑛倉經過自動裝鑛機，而至碾石機或舂槌，碾碎後，過旋轉篩及水力分砂機。由此分別入於跳汰機洗砂桌等，截留淨礦。其含礦中砂則由連環起砂斗，起回至亨廷屯磨石機。其幼砂及鑛塵則流入幼粉沉積箱，由此分別裝入幼粉選鑛桌及浮游選鑛機。凡此路程，宜利用鑛砂及水之重力，由高流下，可省機械轉運之勞。故壓石機之地位，比較幼粉選鑛桌之地位，約高四十英尺，以便鑛石由粗而幼，依次選淨也。此項佈置，最好利用山邱之旁，建築數級地基。最上級為鑛車鐵軌，鐵砵櫃及壓石機。第二級為鑛倉。第三級為碾石機或舂槌。第四級為旋轉篩及水力分砂機。第五級為跳汰機洗砂桌等。第六級為幼粉沉積箱。第七級為幼粉選鑛桌，及浮游選鑛機。凡此佈置，皆宜預先依照各項機械之尺寸，繪就地基高下廣濶之圖蹟，然後依山鋪屈，使成適當之階級，每級各用磚石作牆基，以防山土



寫下。第七十六圖所示，為金銀選礦場依山建築之全形，此項選礦場，較其他選礦場為單簡，故分級較少，若為銅鉛錫鋅錳等選礦場，則分級較多也。

### 壓石機及鑛倉之位置

選礦場內，各項機器俱運行不息，惟壓石機則或時開時停，以其壓石量較多，往往壓石數小時，即可供給全場日夜之用也。但壓石機停後，則發動機所自担之力量，忽然減少，對於其他機械之運用，必至速率驟增，如此則節製甚難，尤以選礦機為尤甚。蓋選礦機如跳汰機洗砂桌洗砂帶等，其速率皆有一定，方能將鑛砂選淨也。故選礦場內，壓石機亦宜常動不息，以求機力平勻。如此則鑛倉宜置於壓石機之上，以便鑛石可時常供給壓石機，壓碎之石，可由自動裝鑛帶，運至碾石機或舂槌等。常動不停之壓石機，宜較時開時停者為小，以能供給其他碎石機為度。至於壓石機之位置，因為動力頗大，宜另置一地基，不宜與其他機械全置一樓陣，以防別機因為動力而損壞也。

### 鑛 倉

鑛倉之底，通常斜四十五度角，以便鑛石可自動落下。若底板上面，鋪以鐵片，則角度可減至三十五度，鑛石亦能自落。倉前有門可啓閉。倉之架柱，宜用巨木構成，貫以螺絲鐵，以資堅固。

### 水 箱

水箱用木製，通常可貯鑛場二小時所用之水量。水箱宜另擇地基安置，以免機械震動力震壞，若山上有餘地，則鑿池蓄水，運以水喉更佳。水箱水池之水，可用抽水機抽上。

### 發 動 力

選礦場之發動力可用蒸汽機，煤氣機，油渣機，或水力電機等，種

以方便爲宜。但發動機之第一要需，爲動力有常，而速率不變，方能使選鑛機得良好之效果。故購發動機時，亟宜留意於此事，並以有速率掣 Speed Governor 之機爲宜。

## 地 基

重力機械，如發動機，碎石機等，須安設於深大之三和土地基，用螺釘連固以資穩定。三和土地基之下，又須實土方可。若爲浮土，宜掘至實土爲佳。若浮土過深，不能盡掘，須打木樁密排，樁間填以碎石，然後築三和土地基，不致有側陷之虞也。

## 輪 軸 架

頂上輪軸，通常用木作架，其上裝設軸套。裝軸套時，宜用線索用錐及水平尺，間格成直角方形。次令各軸套之中心點，俱照繩墨，以便輪軸放上時，各軸互相平行，且照水平橫放，無稍欹斜，然後皮帶不致滑落也。

## 皮帶輓及皮帶之計算

皮帶輓徑之大小，與旋轉速率成反比例。設如甲輓之皮帶輓徑  $D$  十二英寸每分鐘旋轉 R.P.M. 三百二十次，若令乙輓旋轉 r.p.m. 二百四十次，則其所套之皮帶輓  $d$ ，應爲十六寸，如下式。

$$D \times \text{R.P.M.} = d \times \text{r.p.m.} \quad (\text{公式十六})$$

$$\frac{12 \times 320}{240} = 16$$

皮帶應潤若干，可照上文春槌皮帶之計算公式計之。皮帶以抱力計，須能抱緊車輓，使之旋轉，並無脫滑，然後不致損耗馬力也。

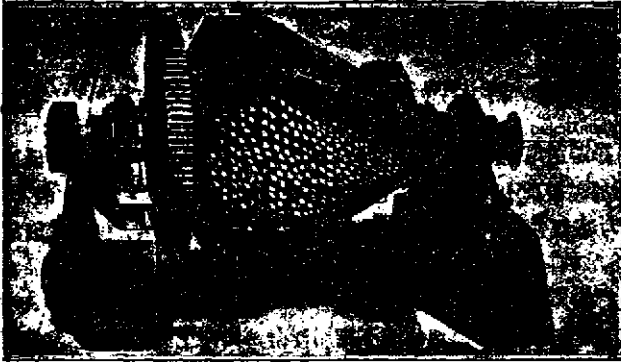
## 第四章 特別選礦方法

### (甲) 浮游選礦法 The Flotation Process

浮游選礦，又名浮油選礦法 Oil Flotation，因用此法選礦，俱加油於礦粉及水，激動成氣泡而浮起也。除油而外，亦有加入硫酸  $H_2SO_4$  或輕鹼化鈉  $NaOH$  等溶液，以助礦粉之浮起者，但此為副品，對於特種礦粉有利益者始加入，不若油之通用，故油實為主要品也。

浮游選礦，不適用於四十八目以上之粗砂，因此項粗礦，不易浮起。而養化礦物，雖至幼亦不能用浮游法與砂土分離，故浮游選礦範圍，祇適用於四十八目以下之硫化礦砂。尋常選礦習慣，凡六十目以下之礦粉，始用浮游選礦法，六十目以上之礦砂，俱用比重分離法。然六十目以下之硫化礦物，除輝鉬礦黃銅礦比較易浮外，其餘若鉛鐵閃鋅礦黃鐵礦錳錳輝鉬礦輝鉍礦等，通常須研幼至一百目以下，始易分離。而以過二百目以下之幼粉，分離最易，淨礦成色高，而砂土漿內含礦少。若為一百目以上之粗砂，則浮起之淨礦尚多砂土，而砂土內又往往尚含淨礦也。故浮游選礦場，皆設備彈丸研石機，將礦砂研幼至一百目以至二百目，然後裝入浮游選礦機。此項研石機，以克定治維式彈丸研石機 Hardinge Conical Ball Mill 為最通用，如第七十七圖為此機之全形。此項研石機，徑四英尺長八英尺者，裝入火石彈或鋼彈，重一萬四千磅，需用馬力七十五匹，裝入機內之礦砂徑八目，入磨後研幼至二百目，每小時可得幼粉三噸。

浮游選礦法之費用，自然較比重分離法為昂，因研幼粉工作，比較磨成幼砂過二十目篩者，其耗費馬力，不止倍蓰。故尋常礦物，晶體較粗，而比重較砂石為大者，俱先用比重分離法，將六十目以上之礦砂，分別裝入跳汰機洗砂桌等選淨。其一部份為六十目以下之砂土及礦塵，由水力分砂機分出者，如為硫化礦物，始用浮游選礦法。此一部份之幼粉和水，先導至幼粉沉積箱，減去大部份之水量，



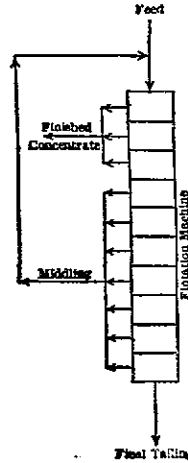
第七十七圖

取其粉漿，加以適量之油，裝入彈丸研石機，研幼至一百目，始再取出，裝入浮游選礦機選淨。此項方法，以比重分離法為主，而以浮游選礦法為副，名為副屬浮游選礦法，Secondary Type of Flotation。凡尋常硫化礦物，晶體徑二十目以上，而又所含砂石雜質，比重甚輕者，如黃銅礦，方鉛礦，輝鋅礦，輝鎳礦，輝鉍礦，輝銅礦等之在石英石或方解石中，比較容易分離者，俱適用此法。如硫化礦物，結晶甚幼，且與砂石混和甚密，不易分離，而又含別項比重大之雜質者，則不易用比重分離法，所有礦石，經碾石碾碾成粗砂後，全量裝入彈丸研石機，研至一百目以下，全量用浮游法選淨。此法名為主要浮游選礦法，(Primary Type of Flotation)，美國亞力桑拿省銅礦，現今多用此法。主要浮游選礦法，比較副屬浮游選礦法，因無須添置跳汰機洗砂桌等，其設備較為單簡。但將礦石完全研成幼粉，需用馬力甚大，日常經費，較兼用比重分離法者為昂，故非礦石豐富及燃料甚廉，或有水力發動之地，不易運用此巨大馬力之器械也。

主要浮游選礦及副屬浮游選礦之中，又各分為淨礦中砂法 Concentrate-middling 粗選精選法 Rougher—Cleaner，及合並法 Combi-



nation三種。淨鑛中砂法，將所有浮游選鑛機，首尾銜接相連，首段之機，所浮出者為淨鑛泡沫，而將中砂及砂尾輸送於尾段各機，各機之中，依次浮起中砂，而將砂尾輸送於隣機，至最後之機，則無鑛之砂尾由機底放砂孔放出，所有含鑛中砂復運回於首一機再選，如第七十八圖，為此機之佈置方法。粗選精選法，如第七十九圖，將選鑛機，分為二列，第一列為粗選機；浮起淨鑛及中砂之混合泡沫，而將無鑛之砂尾由機底放砂孔放出。

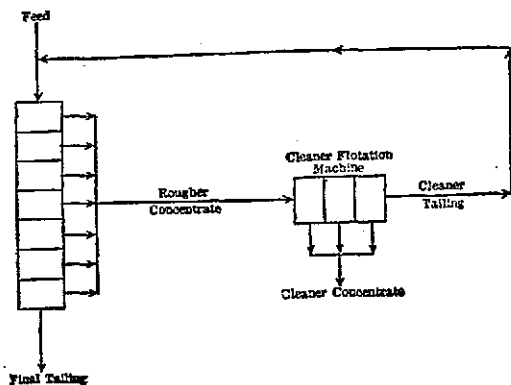


第七十八圖

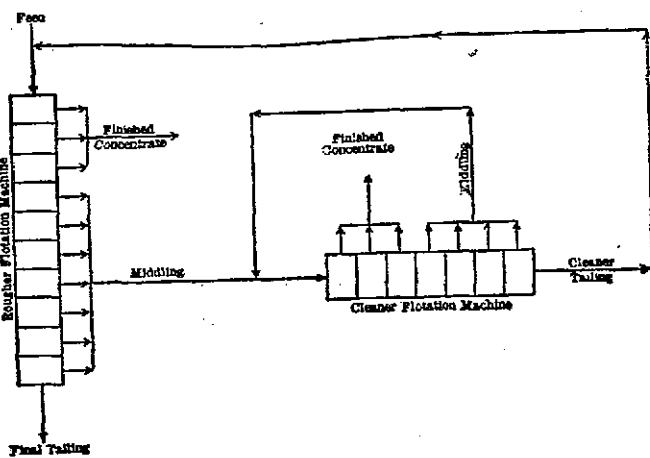
此項淨鑛中砂之混合泡沫，運至第二列之精選機，將淨鑛浮出，而將中砂由機底放出，復運回於粗選機再選。以上兩法，可以並行，名為合並法，如第八十圖，首段之粗選機，浮起淨鑛，尾段之粗選機，浮出中砂，而將不含鑛之砂尾放出。此中砂再入於精選機中，浮起淨鑛，中砂則運回精選機再選，砂尾則運回粗選機再選。凡此三法，各有適用之處，成色低之礦粉，適用於粗選精選法。成色高之礦粉，適用於淨鑛中砂法及合並法。

礦物惟硫化鑛粉，適用於浮游選鑛。養化鑛粉，祇碳酸銅一項，可以浮起，而與砂土混和，得不淨之鑛粉。大抵碳酸銅鑛，質輕而軟，易於變成幼粉，可與大部份之堅質砂石分離也。碳酸銅往往與黃銅鑛混和，此項混合鑛粉，可一並浮起，所得不淨之鑛粉，含銅十五以至四十餘度力，而砂尾祇餘銅〇·一以至〇·一五度力。

養化銅，養化鋁，養化錫及養化鉛之幼粉，可放入輕硫氣  $H_2S$  或硫化鈉  $Na_2S$  溶，液使鑛粉面上纏成硫化皮膜，然後用浮游選鑛法浮起，惟養化鈣則不能用此法。

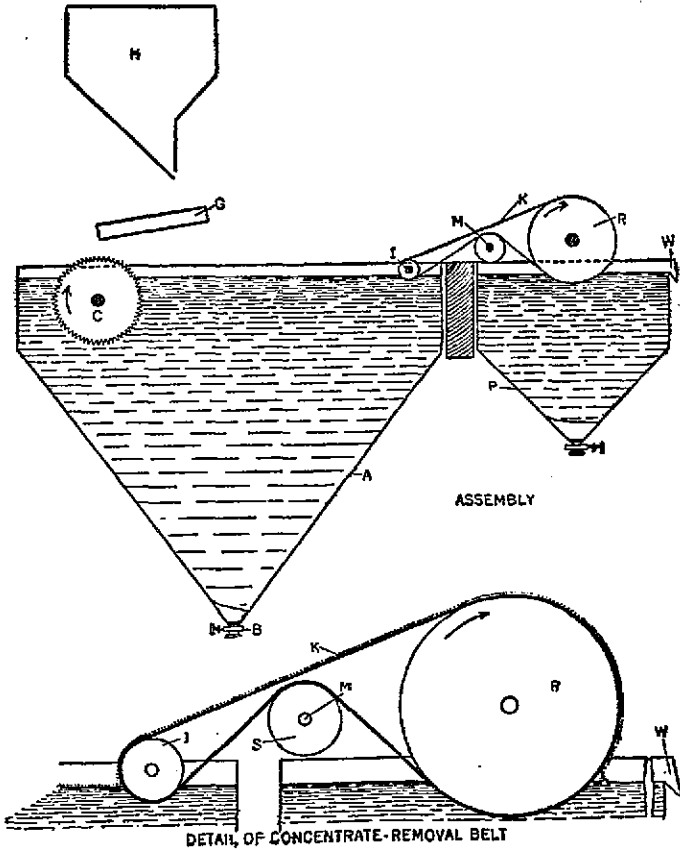


第七十九圖



第八十圖

硫化礦物之浮性，各有不同。其中以輝鉬礦最易浮，且用油少。黃銅礦比較黃鐵礦為易浮。方鉛礦比較閃鋅礦為易浮。此項混合礦砂，可酌量用油多少，增減機力，或加入硫酸或輕美鈉等，分別浮起，名為分別浮游選礦法 Differential Flotation。



第八十一圖

鑛粉之浮起方法，大致分爲表面膜浮游法 Skin-flotation 及鑛沫浮游法 Froth-flotation 二類。表面膜浮游法，藉面張力 Surface tension 之作用，凡金屬光澤之鑛物，比較非金屬光澤之鑛物，爲難於被水浸濕，如將此不易濕之鑛粉，散佈於水面，則幼粉與水面之間，留一層空氣薄膜，膜下之水面張開承起此氣膜及鑛粉。如將幼鐵針橫放於水面，則針浮而不沉，此爲面張力之明證。此項浮游法，爲活氏所發明，名爲活氏 Wood machine 鑛機，如第八十一圖。幼粉由斗 h，經過震動敷鑛盤 G，入於旋轉輓 C。此幼粉隨輓面分佈於水面，鑛粉浮起水面上，而砂土則沉於水箱 A 底下，此處有活塞 B 可以放出。浮面之鑛粉，爲連環帶 K 撈起，運至隣箱 P，此處有水流入，令淨鑛浮至槽 W 放出，而中砂則墜於水底。此機適用於筆鉛鑛及錫鉛鑛等極易浮之鑛物；浮起之鑛粉頗淨，惟仍有多量鑛粉沉於水底，故收獲成色極低，沉底之鑛粉，須再用鑛沫浮游法方能浮出。現今歐美各大鑛場，通用之浮游選鑛法，祇屬於鑛沫浮游法一種。鑛沫浮游法，藉油與硫化鑛物之黏着性比較與砂土爲大，而氣泡與鑛之黏着力亦比較與砂土爲強，故氣泡及油與鑛物，結合成體質較水爲輕之泡沫，浮於水面。激動泡沫方法，有藉機械攪動者，名爲攪動鑛沫法 Agitation-froth Process。有藉壓搾空氣噴起者，名爲氣泡柱法，Bubble-column Process。茲分別論之如下

### 攪動鑛沫法

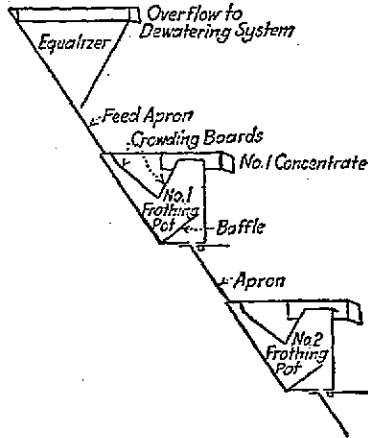
此法藉旋輪激動空氣，使之溶解於水中，惟過飽和限度之後，空氣放出，成爲氣泡，黏着於硫化鑛粉之面，使之浮起。此項機械，如下文所論，大致分爲攪動室及鑛沫分離室二部。攪動室內，有旋轉極速之十字形螺旋車撥，攪週速率，Peripheral speed 每分鐘一千五百英尺，藉離中力將鑛粉油及水激動成空心錐形，錐尖向下，爲十字撥所割，錐內之一部份空氣，被困於撥底，復經車撥擊碎，成爲多數之氣泡。此氣泡之體積甚微，復爲車撥所壓，其所受機械壓力，

較大於空氣壓力，故一部份溶解於水中。別有一部份，隨車撥之後，所受壓力較小，則放出成氣泡，與油會合，黏着於硫化鐵粉之面，成爲鐵沫。此項鐵沫及砂土，被車撥之離心力，由攪動室旁之小孔，送出於鐵沫分離室。此處面積傾潤，鐵沫輕而上浮，由水面流出，砂土重而下墜，聚於分離室下之尖底，由此經過彎喉，復爲隣室之十字車撥吸上再攪。此項鐵沫之激成，大抵每立方尺浮起之鐵粉，需用空氣二十以至五十立方尺，氣泡之體積小，與鐵粉之黏着力強，氣泡成後，不復消散。

### 氣 泡 柱 法

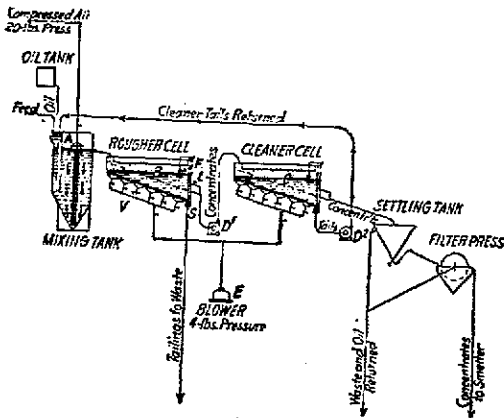
此項氣泡，爲壓排空氣所成，需用空氣極多，空氣體積，比較浮起之鐵粉體積，多一千倍以至二千倍。所有選鐵作用，俱在近水面處之氣泡柱部份，方行開始。氣泡之體積大，數量多，浮起於水面極速。在水底下，挾帶鐵粉及砂土，份量相等。及至近水面氣泡柱處，硫化鐵粉與油黏着，下沉之速率，比較氣泡上升之速率爲小，而砂土下沉速率，比較氣泡上升之速率爲大，故硫化鐵粉上浮，而砂土下沉。此項氣泡，並非與鐵粉永久黏着，如攪動鐵粉法之氣泡，蓋一到水面，卽行消散，而鐵粉爲後來之氣泡承起，浮於水面。故鐵粉與砂土分離，全在近水面處之氣泡柱內，若在水底，則砂土與鐵粉全時上升也。

氣泡柱法之輸進空氣於鐵粉油及水中，有三項方法，(一)由水流撞入空氣者，名爲撞入水流法 *Plunging-Stream Type*。將鐵粉油及水貯於一器，由高流下，挾帶空氣，撞入別器，此器已爲上次流下之鐵粉油水所注滿，水流與水面相碰，氣泡放出，浮於水面，承起鐵沫，而砂土則下沉。此法撞入空氣之現狀，例如瀑布下之潭面，恆有水泡浮起。故此項浮游選鐵機，名爲小瀑布浮游選鐵機 *Cascade Flotation Machine*。如第八十二圖，爲此機佈置之大致。(二)由鐵池底下之空氣室輸入壓排空氣者，名爲壓氣泡柱法，*Pneumatic Bubble*



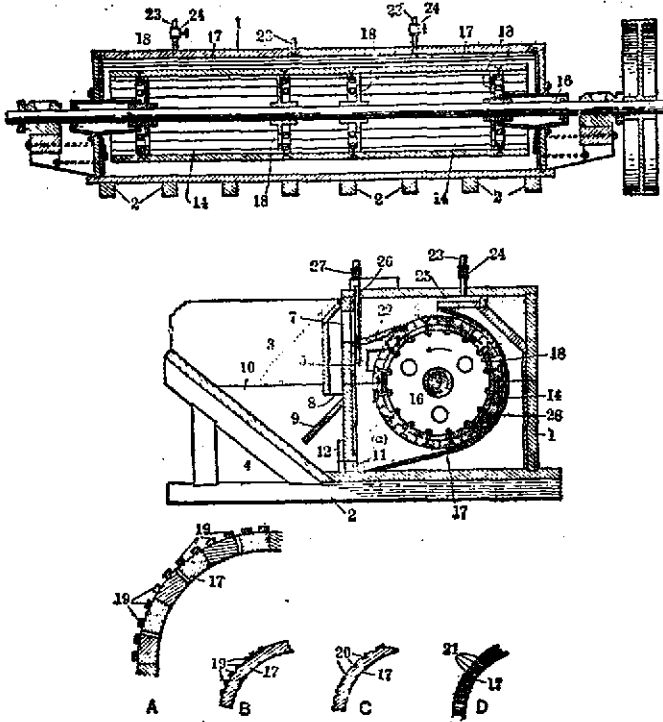
—Cascade method of flotation.

第 八 十 二 圖



第 八 十 三 圖

Column Type。壓搾空氣，每平方英寸四磅至五磅壓力，由氣喉輸進於鑛池底下之空氣室，此室與鑛池之間有數層毛氈或帆布相隔，使空氣可以相升，而砂水不能漏下，空氣穿過帆布之小孔，上升至鑛池中，浮起鑛粉。此項選鑛機，名為加盧浮游選鑛機 Callow Floation Machine。其佈置方法如第八十三圖，鑛粉油及水在混和箱 A 內，用二十磅力之壓搾空氣攪勻，由箱面流至粗選池 B。此池之底，為帆布及多孔鐵片，其下為六個空氣室，各有氣喉及氣掣 V 與總氣喉相連，由鼓風機 E 輸送壓力四磅之空氣入內。鑛沫由粗選池而流出至旁槽 L，砂尾由池底放砂孔 S 放出。此放砂孔 S 有開閉傘由浮水錘 F 節掣使水流有一定之平面。鑛沫由粗選池流出後，再由抽水機 D 抽上至精選池 C，選出淨鑛，(三)由離中力輸入空氣者，名為離中力氣泡柱法，Centrifugal Bubble-column Type。空氣由旋轉週邊之孔隙放出，藉離中力，壓入水中。此旋轉之軸，有豎置者，軸中空，壓搾空氣由軸心入，由輪週出。亦有平置者，輪週孔隙，旋至水面上時，空氣侵入隙內，及旋至水平面下，則空氣放出。平置之機，無須藉空心軸輸入空氣，故較為便利，第八十四圖，為此機之剖面形，此機為克氏 Kraut and Kollberg 所發明，故名克氏機 K and K Machine。圖內 a 為空氣輸進室，壓搾空氣由氣喉 23 輸入，3 為鑛沫分離室。17 為旋轉圓筒，16 為軸，鑛粉油及水，注於室內，其水平面在此軸中心之下，故圓筒一半在水平面上，一半在水平面下。圓筒依箭矢之方向旋轉，筒面上半之孔隙，載滿空氣，及旋至水平面下時，此空氣藉離中力壓入水中，激動砂土鑛粉及油，浮於水面。筒面孔隙之佈置，如圖中 A B C D 所示，乃用木條釘於筒面，留有孔隙也。砂土鑛粉既浮於水面後，黏着筒面轉上，藉離中力，拋至唇板 22，循路線 8 而入於鑛沫分離室。由氣喉放入之空氣，一部仍入於鑛沫分離室，成為氣泡，將鑛粉承起，浮於水面，而砂尾則下沉，復由底孔 11 入於空氣室內，再被氣泡浮起。底孔 11 之上，有唇板 9。所以隔開鑛沫出路及砂尾入路也。砂尾經再三選淨後，無鑛之砂尾，



第 八 十 四 圖

可由鑄沫分離室之底孔放出，而礦粉油及水再由空氣室之頭段加入。空氣室面有水喉 27，可隨時放水入內，使水流有一定之平面。輸入之空氣壓力，為每平方英寸半磅以至一磅。圓筒每分鐘旋轉一百八十以至二百次。每日夜選壹百噸礦粉之機，需用運動馬力十匹。

氣泡柱浮游選礦機，以上三項比較，以加虛浮游選礦機為最通用。克氏機雖比加虛機為節省運動馬力，但機械之運用，較多弊端；因平盤軸之軸套為砂水侵入易於損壞；而空氣出入，難於控制也。小



瀑布選礦機：祇適用於小試驗，大工場極少建置者。至於擾動鐘鉢機，所獲成績，並不亞於氣泡柱機：其中以礦物分析機 Mineral Separation Machine 及精厘浮游機 Janney Flotation Machine 為最通用，各大選礦工場，多有建置者。合並氣泡柱及擾動法之機，名為精厘機械空氣機 Janney Mechanical-air Machine 所獲選礦成績，較其他浮游機為優，但需用馬力亦巨。以上各項機械，當於下文論機械構造處再詳論之。

### 浮游選礦之試驗

浮游選礦，亦如其他選礦法，事前須經實地試驗，擇其成績優異者，進行照樣購機選礦，方不致有失敗之虞。浮游選礦，非特與機械有關，並且與礦物之物理性，研磨之粗幼，油及其他藥劑之種類份量，有極大之關係。至於礦粉在水內之成份，浮游液之冷熱，浮游時間之久暫，亦與成績之優劣有關。成績優之浮游選礦，能將砂土內所含之礦粉，提出九成以上，其劣者乃不及六成，因未得良好方法，礦粉尚多沉底也。所選出之礦粉，亦有淨與不淨之分，淨礦粉合金屬品成色高，不淨礦粉合金屬品成色低。倘入爐熔煉之礦粉，無須成色高者，如反射爐鎔銅硫，雖含少量砂土及鐵質亦無妨，則礦粉無須悉至十分淨。若入爐熔煉，須極淨之礦粉，如蒸錫礦之額出金屬錫者，礦粉內不能含有鐵質，以免蝕壞錫甌，則礦粉須悉至極淨。大抵選出之礦粉愈淨，則在砂尾內所失去之礦愈多，除砂尾可運回再選，但及至砂尾與礦無可再分之時，仍不免損失也。浮游選礦之試驗期內，宜將採礦所得之平均試樣，分作多份，逐一試驗。每份所用之油類藥劑類及浮游方法，畧為變更，所獲成績，詳細記載，然後擇其最優者，如法計劃選礦場，所用之油類藥劑機械及其他方法，悉與試驗所用者相類似，庶幾礦場所獲成績，能如試驗時所選料也。

### 礦物之物理性及研磨之粗幼

礦物之有金屬光澤者，與無金屬光澤之礦物混合，可用浮游法選

淨。若同為有金屬光澤之礦物，如黃銅礦之與硫化鐵，輝鉛礦之與輝鋅礦，則須將礦粉經一度之燒焙，或加入藥劑同浮，始能使此沉彼浮，分別選淨，此法如上文所云，名為分別浮游選礦法。與砂石混合之金屬光澤礦物，較易分離，若與土質混合，則土漿亦浮，須將礦粉研之極幼，並加藥劑以助礦物之浮，始能分淨也。浮游選礦之礦粉，最粗者須能過六十目篩。小試驗之礦粉，以能過二百目者為佳。惟選礦場習慣，則通常將礦粉研至過一百目便了，因研磨太幼，則需用馬力太巨，比較上不甚經濟，故習慣上祇求選礦成績，能提出所含礦質，九成以上便了，不能如小試驗之清晰也。但選礦場內，往往將鐵砂和水及油在彈丸研石機內研磨，則油與礦粉之粘着機會較多，且所用機械比較小試驗者為大，故礦粉雖較試驗者為粗，而所獲選礦成績，亦往往能與小試驗者相等。

### 油之種類及其份量

浮游選礦所用之油，大致分為礦物油及植物油二類，礦物油類，以煤焦油所蒸出之油 Coal-tar Creosote 為主要品，此油適用於選黃銅鎳黃鐵礦等。此外若石油 Petroleum 燃油 Kerosene 為副品，可與煤焦油蒸油混合，成為適用之選礦油。植物油類，以松油 Pine oil 為主要品，適用於選方鉛鎳錳鋅等。此外若木焦油所蒸出之油 Wood-tar Creosole 生木油 Crude Wood Oil 及松節油 Turpentine，亦可作為選礦油之混合品。中國所產之桐油豆油茶油，可以試用。選礦油之功用，以能多發泡沫，並與礦物粘着力比較與砂土為強，方能合用。肥皂 Soap 亦能發泡沫，但與礦物及砂土之粘着力相同，故不能作為選礦品。一種油祇適用於一種礦物，決不能適用於一切礦物。所選之礦粉，以何種油最為適用，必須由實地試驗求出，不能求之於書冊中。試驗期間，宜將所選礦粉，分為數份，依次與各種油混合，裝入浮游試驗機實驗，記載所獲成績，取其優者。但試驗所用之油，即為將來選礦場所用之油，宜擇其便於購買者方合，若

價昂而不便購買，則成績雖優，亦無用也。用油之份量，選礦場內，通常每噸鑛石，需油二磅，其比例約合鑛石量千份之一，但如成色高之鑛石，含硫化鑛物較多者則用油亦多，因每一鑛粉之週面，必須有油粘蓋，方易浮起也。試驗期內，往往用公斤公尺秤量，故每公升鑛石粉 1000 gms. 可用油一立方公分 1. CC. 試淨。

### 副藥劑之種類及其份量

浮游選礦所用之副藥劑，為硫酸  $H_2SO_4$ 、碳酸鈉  $Na_2CO_3$ 、輕鈉  $NaOH$ 、硫酸鈉  $Na_2SO_4$ 、矽酸鈉  $Na_2SiO_3$  及石灰等。加入副藥之意義，在乎增加鑛物之浮力，如鑛粉為風化之硫化物與土質混和，則須加入副藥劑，使鑛粉較土質為易浮。如鑛粉為新鮮之硫化物，與砂質混和，則通常加入適宜之油類，已可浮起，毋庸加入副藥品。硫酸適用於錳鑛，使之易浮，每噸鑛石，加入硫酸六磅以至二十餘磅，視含錳成份之多少而異。含土質之錳鑛，若加硫酸，則錳比土質為易浮，惟銅鑛則不能加硫酸，蓋硫化銅鑛，往往含菱化銅，溶於硫酸，成為硫酸銅，遇鐵器還原成銅，每致損壞器械。銅鑛石若含可溶之銅鹽類，則宜加入石灰，使溶液成鹼性而沉澱，免致有損鐵器。此外副藥劑應否加入鑛石內，當以能增加收獲成績為準，宜將鑛石質行試驗，方能知其效果也。

### 鑛粉與水之成份

鑛石研成幼粉後，與油及水混和，成為流動之液體，然後裝入浮游選礦機內。浮游液內，含鑛粉成份多少，視乎鑛粉之性質及粗幼而異。含砂質之粗鑛粉，每百份浮游液內，含鑛粉三十份，亦可選淨。如為含土質之幼粉，則每百份浮游液內，含鑛粉毋過十五份，方易選淨。含鑛粉多之液濃厚，宜用比重較高之油，用油較多，但收獲成績高，選礦量多，惟選出之淨鑛，仍含砂質，成色較低。含鑛粉少之浮游液稀薄，宜用比重輕之油，用油較少，但收獲成績低，選礦量少，惟選出之鑛較淨，成色較高。

## 浮游液之冷熱

尋常浮游選礦，毋須將浮游液加熱，但有特別原因，如須加入藥劑者，為促進化學作用起見，則時或加熱至百度表六十度，以求礦粉浮起較速。但加熱限制，應毋過百度表七十度，否則有害而無益。但現今各大浮游選礦場，多注意改良其他設備，以求選礦成績優異，鮮有將浮游液加熱者，故加熱法為無關重要。

## 浮游時間之久暫

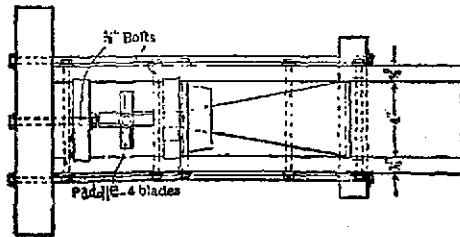
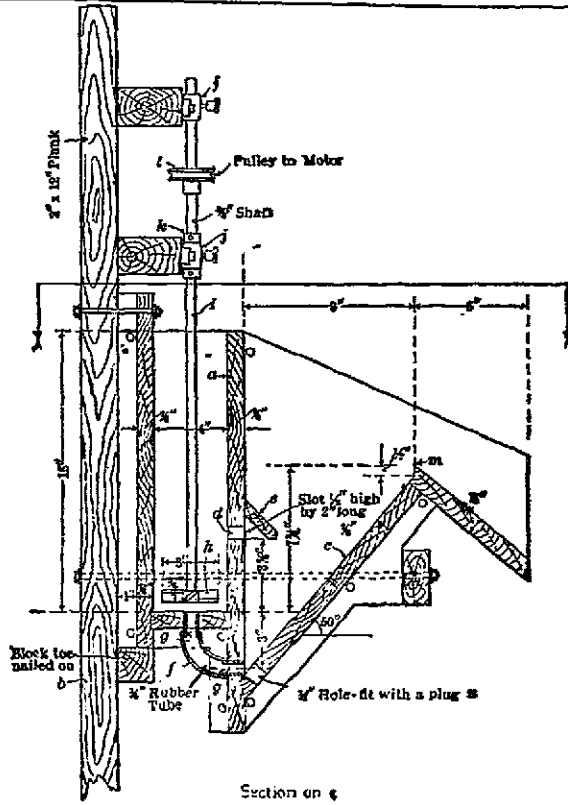
尋常浮游選礦機，礦粉入內至復出時間，約二分鐘久，(以一室或一池計)。但如屬難浮之物，則於此短促時間，未易浮起，故通常將各室或各池，首尾銜接相連，使礦粉出此室後，復入別室，與油及氣泡相遇之機會較多，礦物終必浮起也。

## 浮游選礦之試驗機械

浮游選礦機，最通用者，如攪動礦沫法之礦物分析機，氣泡柱法之加盧浮游選礦機，其構造頗為簡單，可按圖着工匠照做小試機械，毋庸向外洋定購也。茲將此項小試機械，分別論之如下

### 礦物分析浮游試驗機

Mineral-separation Laboratory Flotation Machine 此機如第八十五圖所示，*a* 為四方形攪動室，*c* 為尖斗形礦沫分離室。*i* 為攪動軸，有十字形車撥 *h*，撥片斜置，成四十五度角。此撥依時鐘方向旋轉，則撥下之礦粉及水為所吸起。三英寸徑之車撥，每分鐘旋轉二千次以至三千二百次，令車撥之週邊速率，為每分鐘一千五百英尺以至二千五百英尺。軸上有皮帶輪 *l*，轆面有槽，可用圓皮帶，與電力發動機之皮帶輪相聯。攪動室之底有銅管 *g*，藉皮喉 *f*，與礦沫分離室之銅管 *g* 相連，礦砂油及水放入攪動室內，為車撥所攪動，藉離離力，從室旁孔 *d*，入於礦沫分離室。礦沫上浮，經過唇口 *m*，流出於礦



第八十五圖

沫槽。而砂尾則沉底，由銅管 *g* 及管 *f*，被車撥吸力再入於攪動室中再攪。此機之尺寸，如第八十五圖所示，每次可裝礦粉七百五十公分 750 gms.，

### 加盧浮游選礦試驗機

Laboratory Callow Flotation Machine 此機如第八十六圖所示，大致為槽形斜底池。池底為生鐵鑄成之長方盤，內分四個斗形空氣室，各用氣管氣型，與總氣管相連，壓榨空氣，由此放入，斗形室上為厚帆布 *b*，用鐵夾及螺絲，連固於生鐵盤之橫格上。鐵盤之週邊有邊緣，此邊緣上為橡皮墊，其上為銅片製成之長方格，用螺絲與鐵盤之邊緣相連固，中粘橡皮，以防漏水。此方格之上，為薄銅片製成之圍牆 *a*，用窩釘與方格相連固，並以錫焊封密，使不漏水，圍牆之後邊，有斜底之鑄法槽 *c*，用錫焊固於圍牆外。圍牆之前邊，鋪以玻璃片，用桐油灰封固於銅夾內，使不漏水。池內浮游情狀，由玻璃片可以窺見，池頭淺處，裝入礦粉及水。池尾深處，放出砂尾，此處有徑二分之砂尾放出管，有塞可以啓閉。池尾圍牆上，有方形放水孔，孔外接以水斗，此放水孔有抽板啓閉，用以節制池內之水平面。水斗之底，有放水孔，用塞啓閉。池之尺寸，如第八十六圖所示，每次可裝入礦粉一千五百公分。

### 浮游選礦試驗之進行手續

浮游選礦試驗，可照下列手續進行，求得最適宜之方法，以便計劃選礦場之設備。

(一)凡硫化礦物，有金屬光澤，或鋼光，或松脂光者，通常可浮。所用之油，宜先試用煤黑油所蒸出之油 Coal-tar Creosote 與松油 Pine oil 混和，每百份和松油三份以至五十份。但松油價昂，以少用為佳。

(二)礦物份量，最少取三千公分，先用鐵春槌碎，過四十八目篩。



再用徑八英寸之試驗用彈丸研石機研幼，至大半能過二百目篩爲度。如無彈丸研石機，則用藥店所用之研船亦可。

(三)取七百五十公分，750 gms 幼粉，和七百五十立方公分 750 CC 水，及 $O \cdot 75$ 立方公分混合油，裝入二千立方公分之玻璃瓶內，用塞封固，將瓶搖動數千次，令瓶內之鑛粉油及水，混合極勻，如有搖動機，能使玻璃瓶旋轉極速更佳。

(四)加水入瓶，至將滿爲度，再搖動數百次。乃將瓶內之物，盡傾入於浮游試驗機之攪動室或池中，再加水一千七百五十立方公分入瓶內，洗淨所除之鑛粉油，加入機內，如此，則浮游機內之液體，每百份含鑛粉二十份。

(五)浮游方法，如爲鑛物分析浮游試驗機，則先令車掣轉動甚慢，乃將浮游液加入。繼而增加車掣週邊速率，至每分鐘一千五百英尺爲度。鑛沫分離室底之放砂孔，用木塞封密，令砂尾由鑛沫分離室，復回至攪動室內。約攪二分鐘久，即見鑛沫浮起，初浮之沫，挾帶鑛沫甚少，繼續浮起之沫，則挾帶鑛粉較多。此時可用玻管吸起鑛沫小量，置於玻璃片上，用放大鏡察視，如鑛沫內含鑛物多而砂土少，則所用之油及方法爲適合，若含鑛物少而砂土多，則所用之油或方法不適合，宜改用別種油或變更方法。適合之鑛沫，含鑛物多，且有永久性。(置於玻片上，經十分鐘久，尙不散者，爲有永久性，若取出後即消散者爲無永久性。攪動鑛沫法，以有永久性之泡沫爲重要，但氣泡柱法則無需永久性。)鑛沫如適合，則繼續攪動，浮起水面之鑛沫，可用鐵片刮出，或用玻管及橡皮管引自來水入鑛沫分離室之底下，使室內水面增高，鑛沫自然流出於鑛沫槽。攪動六分鐘以至八分鐘後，鑛粉與砂土，大致分離清楚，乃將所除之鑛沫刮出，停止攪動，開放砂尾孔，令砂尾及水全量流出於接收器。

如爲加盧浮游選鑛試驗機：則裝入之鑛粉，爲一千五百公分，故水量及油量，亦宜照上文所論者加倍。鑛粉油及水在玻璃瓶混和極勻後，先將池內空氣室之氣管開放，然後放浮游液入池內，如此則



氣管不致被水侵入。所用之壓榨空氣，由儲氣箱而來，壓力每平方英寸十磅，但入池後，分佈於帆布底，則壓力每平方英寸約三磅，將各管節閉，令池內之浮游液，受平均之壓力，水面平而無凹突方合。鏽沫浮起後，取少量察視，如為適合，則繼續放氣六分鐘以至八分鐘，池底之砂尾管暫閉，並以玻璃管注水入池，使鏽沫流出鏽沫槽。放氣八分鐘之後，池內鏽物，大致浮起，乃將所餘鏽沫刮出並將砂尾管開放，流出砂尾及水。

(六)以上二法所得之鏽沫及砂尾，分別化驗，如砂尾含鏽甚少，收獲成績能達九成以上，則浮游法為成功。但鏽沫含鏽成色，仍有高下之分。如鏽沫成色高，而收獲成績低，則因用油太少所致，非因油之不合用。如鏽沫成色低，而收獲成績高，則或因浮游液含鏽粉太多，或因用油太多，或因攪動速率太多，或空氣壓力太高所致，宜將此節制，可得較淨之鏽沫。但試驗所得之鏽沫，雖含砂土畧多亦無妨，因選鏽場內，可再用精選機選淨，在試驗期內，總以能得收獲成績高，便可稱為合法。如鏽沫含鏽成色低，而收獲成績亦低，則所用之油為不合，宜改用別種油，或加入副藥劑，以圖補救。

(七)照上法試驗，如收獲成績高，則可再依下列手續試驗，以求選鏽量增加，而用費節省。(甲)增加鏽粉之成份，至每百份浮游液內，含三十份鏽粉為度。蓋鏽粉成份增加，則選鏽量亦從而增加也。(乙)改用價廉或土產之油，試觀所獲成績，能否相等，以求節省油費。(丙)試用較少之油量，觀其成績若何。以上各種試驗，如鏽粉合於浮游選鏽，則經過十次以至十五次試驗，每次方法，畧為變更；必可求得成績優而用費廉之法。

### 浮游選鏽試驗之記錄

浮游選鏽試驗進行時期，所有經過情形，宜一切記之簿內，以便稽考，而為計劃選鏽場之準備，茲將應記載之要點，分錄如下。(一)試驗號數，鏽石種類及出產地。(二)鏽粉粗幼之分析，此法可將研

幼之乾鑛粉，在各種篩網篩出，分別記載，過六十目下，在一百目上者，一百目下，百五十目上者，百五十目下，二百目上者，以及過二百目者，各估總量之若干成份。(三)用油種類，如為混合油，各估若干成份。(四)油與鑛粉比較之份量，亦即每噸鑛石，需油若干磅。(五)如需用副藥劑，則詳記其種類及份量。(六)鑛粉與水比較之成份，亦即每百份浮游液內，含鑛粉若干份。(七)浮游機械之種類，如為攪動鑛沫機，則兼記車攪之週邊速率。如為氣泡柱機，則兼記空氣體積及其壓力。(八)浮游時間之久暫。(九)浮出鑛沫之情形，泡沫多或少，永久或非永久。(十)浮游液之熱度。所用之水，為鹼性酸性抑或中性。鑛石內有無可溶於水之礦物。(十一)原有之乾鑛粉重量及化驗成色。浮起之浮鑛沫，焙乾後重量，及化驗成色，砂尾焙乾後重量，及化驗成色，由此三者，可計算收獲成績如下。

$$\frac{\text{淨鑛重量} \times \text{淨鑛成色}}{\text{原鑛粉重量} \times \text{原鑛粉成色}} = \text{收獲成績 (公式十七)}$$

$$\frac{\text{砂尾重量} \times \text{砂尾成色}}{\text{原鑛粉重量} \times \text{原鑛粉成色}} = \text{失去份量}$$

### 浮游選礦場之工作

由浮游選礦試驗，而進行選礦場工作，其所獲效果，每能符合。選礦場所需之鑛粉，比較試驗者畧粗，亦能得同等成績，如鑛粉與試驗者同一樣幼，則所獲成績，往往比試驗者較優，選礦場所用之油及副藥劑份量，比較試驗者為少，因鑛場往往將用完之水，由抽水機抽回再用，此水內尚有殘餘之油及藥劑也。但用完再用之水，以鑛粉內不含可溶之礦物為宜，否則水內含溶化之雜質太多，則變為無益而有害。鑛場所用機械如為攪動鑛沫機，則車攪之週邊速率，可比試驗者畧少，如為氣泡柱機，則所用空氣壓力，比較試驗者畧高，但每噸鑛粉，所需用之空氣體積，則比試驗者為少。浮游時間之久暫，選礦場與試驗者相同，收獲成績亦相同。但鑛沫含鑛成色，因選礦場有精選機，比較試驗者所得為高。

油與水及副藥劑之試驗 浮游選礦場所用之水及油，其物理性與化學性，須與試驗時間所用者相同，方可得全等之成績。油之物理性，為比重 Specific gravity 膠粘力 viscosity 等，比重可用浮表 Hydrometer 試驗，膠粘力可用膠粘表 Viscosimeter 試驗。油之化學性為酸性鹼性及蒸化性，酸鹼性可用化學分析法試驗。蒸化性可用蒸溜器試驗。水之物理性，為含不溶之物及可溶之鹽類多少，其化學性為酸性鹼性，亦宜分別試驗。副藥劑所含化學成份，宜用化學分析法試驗。經各種試驗之後，方能知選礦場所用之物料，是否與試驗所用者相同。

### 浮游選礦機械之構造

浮游選礦場最常用之機械，為鑛物分析浮游機，及加慮浮游機。此二機之構造，大致與試驗所用者相同。此外若精厘浮游選礦機及精厘機械空氣機，款式較新，成績較優，新設立之選礦場，多採用之者。茲分別論之如下。

### 鑛物分析浮游機

第八十七圖所示，為十二寸徑車撥標準鑛物分析浮游機，Mineral Separation 12-in. Standard Flotation Machine。圖內 a 為攪動室 b 為鑛沫分離室 c 為旋轉軸，配以十二英寸徑之十字形車撥，撥片斜放，成四十五度角。此車撥每分鐘旋轉四百八十以至五百八十次，車撥週邊速率，每分鐘一千五百以至一千八百英尺。車軸之上端，有齒輪轉動。車撥之下，為攪動室底，有砂尾回進管 e。透於鄰機之鑛沫分離室。全機有六副或十二副相連。第一機之車撥，攪動鑛沫及砂土，由室旁出砂門 d 入於鑛沫分離室。此門在鑛沫分離室之水平面下六英寸處，門上有斜板，使鑛沫及砂土向下行，不致橫經水平面而過。入鑛沫分離室後，面積頓闊，鑛沫浮起，砂尾沉底，由砂尾回進管 e。入於第二機之攪動室。如此循環出入，至最後之機，則

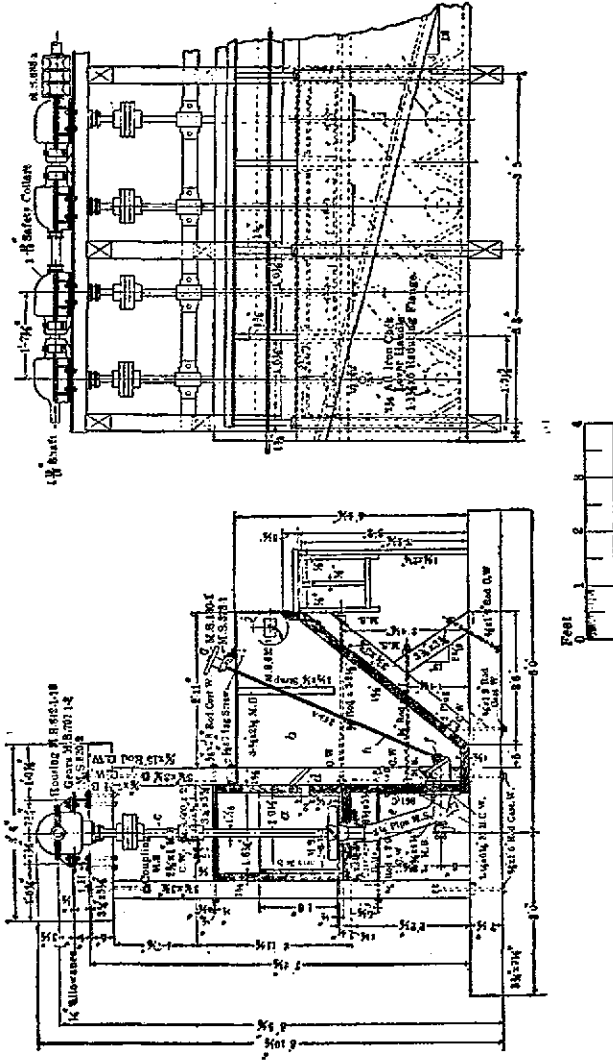


圖 七 十 八 第

砂尾所含之鑛沫，已完全浮起，不含鑛之砂尾，由最後之鑛沫分離室底下之放砂孔放出。砂尾回進管，有門 f. 藉長桿 h. 及手輪 g 啓閉，以節製砂尾出入之多少。浮起之鑛沫，由旋轉撥 j 撥出於鑛沫槽。每十二副相連之機，如第八十七圖所示，需用運動馬力三十四匹，每日夜二十四小時，可選鑛二十四以至五十噸，浮游液含鑛粉一成半以至三成。

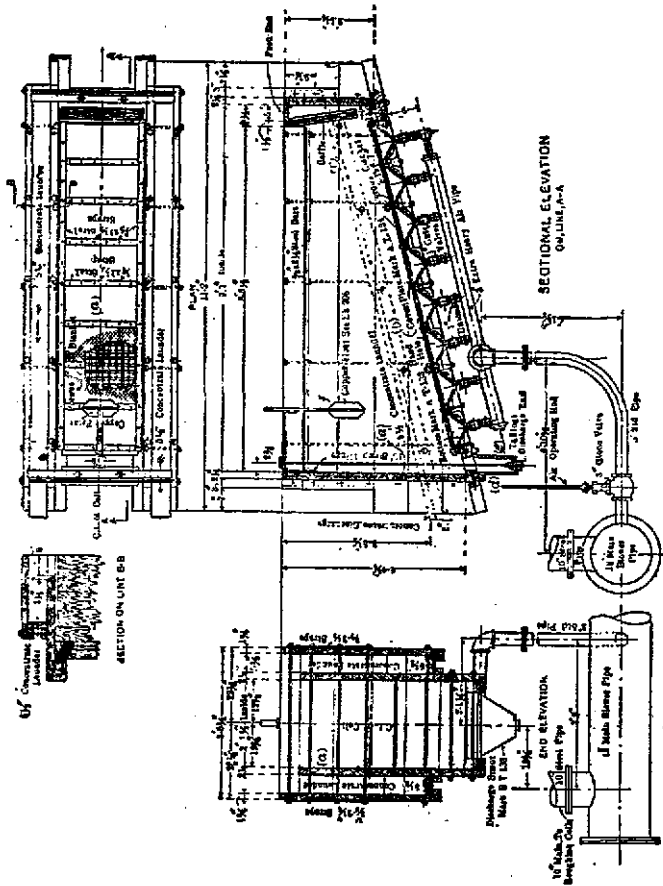
### 加盧浮游選鑛機

第八十八圖為加盧式標準浮游選鑛池，Callow Cell Standard Mill Size。圖內 a 為斜底槽形之鑛沫分離池，有多孔之底 b. 用四層帆布，平鋪於空氣室上，而以扁鐵及螺絲連固於空氣室之橫格及池底之四週。池身用木板製造，四週貫以螺絲鐵，以資穩固。空氣室以生鐵鑄成，內分八格，每格之底，配以氣管及氣掣，與總氣喉相連，每格可放空氣多少入內，以求池底各部所受壓力均勻，而水面不致有凹突波紋也。鑛粉，油及水，先經混和器和勻，由池頭橫隔板 C 之後邊放入，向下流達池底。空氣穿池底而上，浮起鑛沫，由池之兩旁溢出於鑛沫槽。砂尾沉底，流至池尾之放砂孔 d 放出。此放砂孔有啓閉傘 e. 藉浮泡 f 節製，令池內水平面有一定高度。此池之尺寸，如第八十八圖所示，每日夜二十四小時，可選鑛粉三十五以至八十噸。如浮游液內含鑛粉多，而鑛粉又為淨砂質者，則選鑛量多。如浮游液含鑛粉少而鑛粉又為土質者則選鑛量少。池內需用空氣多少，亦因選鑛量多少而異，每平方英尺池底，每分鐘需用空氣六以至十二立方英尺。空氣壓力，每平方英寸三磅以至五磅。每池需用壓氣馬力三匹以至六匹。

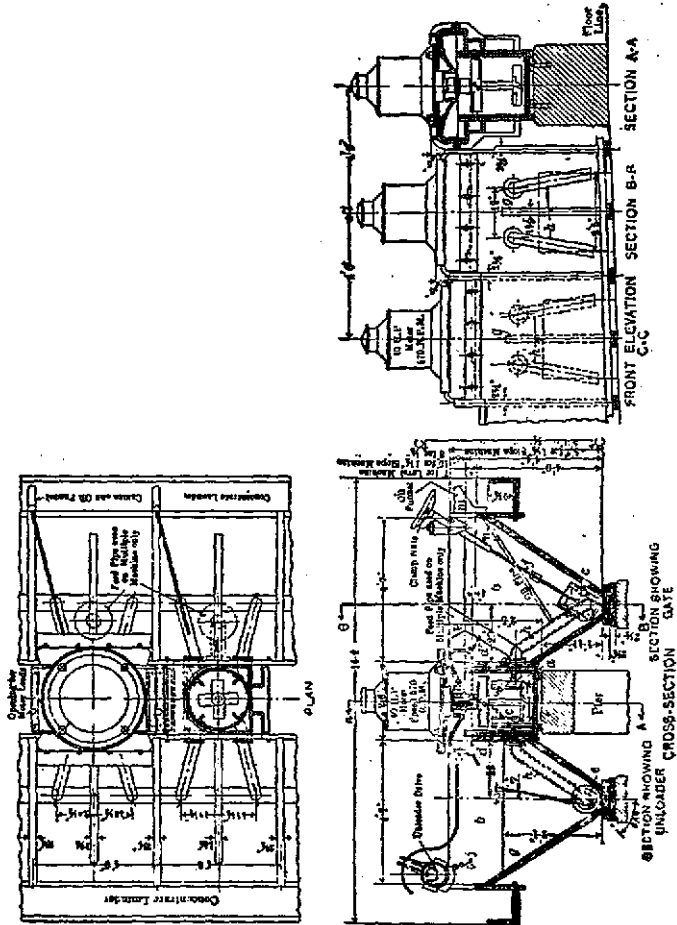
### 精厘浮游選鑛機

第八十九圖，為二十四寸徑車撥精厘浮游選鑛機，24-in. Janney Mechanical Flotation Machine。此機之變動室為圓筒形，外週環以四

方之鐵箱，內週之下部，有突脊形之角鐵四條。攪動車撥，有上下二個，上車撥在突脊之上，徑二十四英寸，下車撥較小，可旋轉於突脊內。兩車撥俱為十字形，撥片斜置，成四十五度角。攪動室之外，



第 八 十 八 圖



第八十九圖

四方箱之兩旁，各有鑷沫分離室 *b*。鑷粉、油及水，由裝鑷斗 *p* 放入於攪動室之下部，被車撥攪起溢出於室週外之四方盤，流經唇板 *d* 下，而入於鑷沫分離室。此室之下部，有橫隔板 *g* 將室分為二格，每格有砂尾回進管 *h*。鑷沫由分離室之水面浮起，被旋轉撥 *j* 刮出於鑷沫槽。砂尾沉底，分向於室底之二格沉下。在第一格之砂尾，由砂尾回進管 *h*，被吸入於攪動室。在第二格之砂尾，一部份由砂尾回進管 *h*，被吸入於攪動室，別一部份，則由分離室底之旁門 *e*，流入於第二機之鑷沫分離室，由此復被吸入於第二機之攪動室。此項選礦機，通常有五副以至十六副相連，第一機之位置，比第二機略高，其砂尾流入於第二機之鑷沫分離室，由此吸入於第二機之攪動室，如此循環出入，及至最後之機，砂尾通常無鑷，可以放出。每機配有油斗 *m* 及油管 *n*，可加油入砂尾回進管 *h* 內。此機之尺寸，如第八十九圖所示。每機之上，配以十馬力之電力發動機。車撥之週邊速率，每分鐘三千六百英尺。十六副相連之機，共需用發動馬力一百六十四。每日夜二十四小時，可選鑷一百五十噸以至五百五十噸。浮游液含鑷粉一成半以至三成。

### 精厘機械空氣機

Janney Mechanical-air Machine 此機合並攪動鑷沫法及氣泡柱法，選鑷成績甚優，惟需用馬力亦巨。機內之攪動室與精厘浮游選鑷機相同，室為圓筒形，上下有二個車撥，內週下部，有突脊四條，如上文第八十九圖所示。惟室外之兩個鑷沫分離室，則代以加盧式之浮游選鑷池。池底為帆布層，其下有三個空氣室，各以樹膠管及氣掣與樑氣喉相連。鑷粉、油及水，由攪動室旁之輸進管流入，被車撥攪起，溢出於攪動室之週邊，經過唇板，向下流入於鑷沫池。易浮之鑷物，向池內之水面浮起，難浮之鑷物，與池底空氣泡相遇，亦被浮起，成為鑷沫，流向池尾之邊唇溢出。沉底之砂尾，流至池尾時，一部份向池底之砂尾回進管，復入於攪動室。別一部份，經過放砂



開門，洗至砂尾放出槽，入於第二機之輸進管，由此被吸入於第二機之攪動室。放砂開門可啓閉，以便節掣放砂多少。此項選礦機，有五副或六副相連，其選礦量，可與攪動鑛沫機之用十二副或十六副相連者相等。第一機之放砂槽，比較第二機攪動室之位置畧高，以便砂尾可自動流入第二機之輸進管。二十四英寸徑車撥之機；每機需用攪動馬力十四。鑛沫池之帆布斜底，長三英尺六寸，潤三英尺四寸，每平方英尺每分鐘需用空氣五至十立方英尺，空氣壓力每平方英寸四磅至五磅。每機有兩個鑛沫池，共需用壓氣馬力四匹以至八匹。五副相連之機，攪動及壓氣合計，共需用馬力七十以至九十匹。每日夜二十四小時，可選礦壹百五十以至二百噸，浮游液含鑛粉一成半以至二成半。

### 浮游選礦場之設備

浮游選礦，如上文所論，分爲主要浮游選礦及副屬浮游選礦二法，主要浮游選礦場之設備，大致爲研粉機，水力分砂機，混和機，粗選機，精選機，鑛沫沉積池，濾漏器等。研粉機之最通用者，爲丫利氏參麻彈丸研石機(第四十六圖)，及克定治彈丸研石機(第七十七圖)。水力分砂機，可用尖底箱分砂機(第五十二圖)，錐形分砂機(第五十三圖)，或其他機械分砂機。由分砂機浮出之鑛粉，大半可過百目篩，此幼粉及水，導入混和器與油和勻；然後裝入浮游選礦。機但混和器祇需用於氣泡柱法，若攪動鑛沫法，則第一機之攪動室，可作爲混和器。若將鑛砂和以適量之油及水，全入彈丸研石機研幼，則所得浮游選礦成績更佳。浮游選礦之精選法粗選法，或淨鑛中砂法，其佈置如上文所論，可參照第七十八至第八十圖。浮起之鑛沫，由鑛沫槽流入鑛沫沉積池，除去大部份水量，然後裝入壓榨濾漏器 Filter Press 壓乾成餅。鑛沫沉積池，最適用者爲多爾氏連續攪結器(第五十六圖)。此機不特可沉積鑛粉，且可將不易散之鑛沫擊散，

鑛沫之面上，用噴霧器噴入微細之水點，同時將稠結器之鋼爪轉動；則鑛沫極易擊散。

附屬浮游選鑛場，需用較小之浮游選鑛機械。鑛石之大部份，經過壓石機，碾石輪，篩砂機水力分砂機，跳汰機，洗砂桌等，用比重分離法選淨。其小部份由水力分砂機浮出之鑛粉，則用浮游法選淨。鑛粉及水，先流入鑛粉沉積池，除去大部份水量，然後入混和器和油，再入浮游選鑛機。如鑛粉太粗，則須先經彈丸研石機研幼，至大半過壹百目篩，始適用浮游選鑛法。至於跳汰機及洗砂桌所放出之砂尾，通常含鑛甚少，可以棄去，惟所放出之含鑛中砂，則再經亨廷屯磨石機，或彈丸研石機研幼，流入水力分砂機，溢出之鑛粉及水，可和油入浮游選鑛機。而幼砂則放入洗砂桌選淨。

## 分別浮游選鑛法

Differential and Preferential Flotation 硫化鑛物除主要鑛物而外，往往與附屬鑛物並生，如黃銅鑛之與黃鐵鑛，方鉛鑛，輝銀鑛之與閃鋅鑛，輝鉍鑛之與輝鉬鑛黃鐵鑛，往往同生於一鑛床內，成為有條紋之充填鑛苗，或為綜錯交互之鑛囊。此項混合鑛物之鑛石，經尋常比重分離及浮游選鑛法，往往一並選出，並無分別。但附屬鑛物，對於主要鑛物之熔煉，有屬於有益無損者，如黃鐵鑛及金銀鑛之與黃銅鑛及輝鉍鑛之與方鉛鑛是也。有屬於無益者如輝銀鑛之混入閃鋅鑛，則並無價值，因蒸鋅罐之渣滓，難於提出銀質也。有屬於無益而有損者，如鋅鑛含鐵，則損壞蒸鋅罐，鉛鑛含鋅，則生出不熔之凝結物，鎂鑛含鈣，則產出不熔之渣滓是也。故混合鑛物，宜分別選出，以求於熔煉無礙。分別浮游選鑛法，曾經試驗者甚多，但獲成效者祇有數種，茲分別論之於下。

銀鉛鋅鐵之混合鑛，分別浮游法有三種；（一）為可括氏方法，日益改良，則鑛物之分別浮游選鑛，將來必可臻完備也。

Horwood Process。將此混合礦，先經尋常浮游選礦法，一並浮起。將浮起之淨礦粉，入坩堝爐內，受低熱度之焙烘，則方鉛礦及黃鐵礦之面上，變為硫化物，而閃鋅礦則不變。將此已煨硫之礦粉與油及硫酸和以適量之熱水，在浮游選礦機內攪動，則閃鋅礦浮面，而鉛礦及鐵礦沉底。(二)為比拉霍氏方法 Bradford Process。銀鉛鋅鐵礦粉之浮游液內，用鼓風機送入硫酸氣  $\text{SO}_2$ ，則鋅礦粉變為不游之物，而銀鉛鐵等礦粉，可一並游起。此浮游液再加熱，並鼓入空氣，驅出硫酸氣，再加以適量之油及硫酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，則鋅礦可再游起。或於銀鉛鋅鐵礦粉之浮游液加入少量硫酸，使成酸性，再加入亞硫酸鈉  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液，則鋅礦不浮，而銀鉛鐵礦一並浮起。將此浮游液加熱，並加入適量之油及硫酸，則鋅礦可以浮起。此法最適用於含銀之鉛鋅礦，因輝銀礦與方鉛礦一並浮起，於鎔煉為有益也。(三)為賴士達爾方法 Lyster Process。中性之浮游液內，加入硫酸鈉  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、硫酸鐵  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  或氯化鈣、氯化鎂  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgCl}_2$  或重碳酸鈉  $\text{NaHCO}_3$  等，和以適量之白樹油 Eucalyptus Oil 或其他多沫之植物油類，在離心力抽水機和勻，然後裝入浮游選礦機內，則方鉛礦浮起，而閃鋅礦不浮。浮起之礦沫，含鉛五成半以至六成。再將此浮游液送入別機內，和以別種油類，則閃鋅礦可以浮起。

其他礦物之分別浮游選礦法，可將油及藥劑之種類份量，畧為變更，並將攪動速率，空氣壓力，及浮游液熱度，加以節制，則各種硫化礦物，雖不能完全分離，但可先後浮起。例如黃銅礦方鉛礦閃鋅礦之混合礦粉，於浮游液內，祇加煤焦油蒸油而不加別種藥劑，則黃銅礦先浮。再加入植物油類及硫酸，則方鉛礦之大部份，及閃鋅礦之小部份浮起。最後加入橄欖油類 Oleic，則閃鋅礦可完全浮起。此法名為勒他爾那化方法 Nutter and Lavers process。輝銀礦與輝鐵礦之混合礦粉，於浮游液內，加入石油及燃油，則銀礦先浮，再加入松油或其他植物油類，則鐵礦亦浮。此外礦物之分別浮游選礦法，現今尚在試驗時期，未能適用於大規模之選礦場，但現今機械方法，



# 第十四表

## MAGNETIC PROPERTIES OF IRON AND STEEL

$$H = \text{magnetizing force} = \frac{I}{1.257} \text{ ampere turns per cm.} = \frac{I}{.495} \text{ ampere turns per inch.}$$

B = Kilo-lines per square centimeter.

B' = Kilo-lines per square inch.

A = Ampere turns per centimeter length.

A' = Ampere turns per inch length.

$$\text{Permeability } \mu = \frac{B}{H}$$

(Values given by Sheldon and Foster for good quality metal).

H	A	A'	Sheet Steel		Cast iron		Wrought iron		Cast steel	
			B	B'	B	B'	B	B'	B	B'
10	7.95	20.0	14.3	92.2	4.3	27.7	13.0	83.8	11.5	74.2
20	15.90	40.4	15.6	100.7	5.7	36.8	14.7	94.8	13.8	89.0
30	23.85	60.6	16.2	104.5	6.5	41.9	15.3	98.6	14.9	96.1
40	31.80	80.8	16.6	107.1	7.1	45.8	15.7	101.2	15.5	100.0
50	39.75	101.0	16.9	109.0	7.6	49.0	16.0	103.2	16.0	103.2
60	47.70	121.2	17.3	111.6	8.0	51.6	16.3	105.2	16.5	106.5
70	55.65	141.4	17.5	112.9	8.4	53.2	16.5	106.5	16.9	109.0
80	63.65	161.6	17.7	114.1	8.7	56.1	16.7	107.8	17.2	110.0
90	71.60	181.8	18.0	116.1	9.0	58.0	16.9	109.0	17.4	112.2
100	79.50	202.0	18.2	117.3	9.4	60.6	17.2	110.9	17.7	114.1
150	119.25	303.0	19.0	122.7	10.6	68.3	18.0	116.1	18.5	119.2
200	159.0	404.0	19.6	126.5	11.7	75.5	18.7	120.8	19.2	123.9
250	198.8	505.0	20.2	130.2	12.4	80.0	19.2	123.9	19.7	127.1
300	238.5	606.0	20.7	133.5	13.2	85.1	19.7	127.1	20.1	129.6
400	318.0	808.0	21.0	135.0						
600	477.0	1212.0	21.5	138.0						
800	637.0	1616.0	21.8	140.0						
1000	795.0	2020.0	22.0	142.0						
1200	954.0	2424.0	22.3	144.0						



Ampere turn 計。磁動力 Magneto-motive-forces 之單位，以基路帕 Gilbert 計。將一個安培之電流，加入於電線內，此電線環繞電磁心 Magnetic core 一週，能發生磁動力一·二五七基路帕。計磁動力之公式如下。

$$H = \frac{4\pi}{10} ni = 1.257 ni \quad \text{公式十八}$$

式內 H 為磁動力，以若干基路帕計。 $\pi$  等於三·一四一六。n 為電線環繞磁心若干週數。i 為電流，以安培計。假如有電線環繞磁心一千轉，所加入之電流為十個安培，則其所發生之磁動力為一萬二千五百七十基路帕。

### 磁動力磁束及透磁率

磁束 Intensity of Flux 之數量，以每一平方公分 Square Centimeter 之磁心橫截面積，有若干覓士維 Maxwell 計。每一平方公分，有一覓士維，為一個磁束單位，此單位名為哥士 Gauss。每一基路帕磁動力，能令磁程中 Magnetic Circuit 一公分長之空氣柱發生一哥士磁束。故空氣之透磁率 Permeability 為一。倘若磁程中之物料，其透磁率不祇一，則每一基路帕磁動力，能令一公分長之物料所發生之磁束，不祇一哥士。例如鐵之透磁率為二千，則每一基路帕磁動力，能令一公分長之鐵磁心 Iron-Core 發生二千哥士，即每平方公分之磁心面積有二千覓士維磁束也。磁束之公式如下。

$$B = uH \quad \text{公式十九}$$

式內 B 為磁束數量，以每平方公分面積若干覓士維計。u 為透磁率。H 為磁動力，以基路帕計。各種物質之透磁率不同，空氣之透磁率為一。有磁性之物，如鐵鎳鈷錳等，其透磁率大於一，反磁性之物，如鎳錒錳錫等，其透磁率少於一。但同一物質中，其透磁率亦非一定，如物質所負載之磁束增加，則透磁率因而減小。例如鐵之透磁率為二千，若負載之磁束，增至每平方公分一萬九千七百覓士維，

則其透磁率應得六十五。第十四表為鋼鐵之磁性表，凡製造電磁，宜照此表計算，勿令磁心過飽和限度，以免虛耗電流也。表內B為每平方公分面積之磁束，以宛士維計，所列之單位為一千個宛士維。B為每平方英寸面積之磁束，亦以一千個宛士維計。A為磁心每一公分長所需用之安培週數。A<sub>1</sub>為磁心每一英寸長所需用之安培週數。H為基路帕數。以H除B可得透磁率。例如表內熟鐵項下第一列，每平方公分有磁束一萬三千宛士維，每公分長需用磁動力十基路帕，以十除一萬三千得一千三百為其透磁率。其所需之電流為七·九五安培週。

### 磁阻力與磁動力及磁束之關係

磁程 Magnetic Circuit 與電程 Electric Circuit 相同，若干電動力能輸送若干安培電流，當以電程中之阻力為準。故電學之公式，為

$E=CR$  式內E為電動力，C為電流，R為電阻力。而磁學之公式，亦為

$H=NR$  式內H為磁動力，N為磁束，R為磁阻力 Magnetic resistance。

此式之N為磁程中之總磁束，以宛士維之總數計。以磁程中任一段之橫截面積S除N，可得每一單位面積之磁束B。故  $B=\frac{N}{S}$ 。

但磁阻力R與磁程之長l為正比例，而與磁程之橫截面積s及磁程物料之透磁率u為反比例，故  $R=\frac{l}{uS}$

設有磁程，如下文第九十一圖之電磁透鐵試驗機，磁程中所經過各段，為圓鐵心二條，南北極二個，鐵架一個，兩極中間之空氣柱 Air gap 一條。令空氣柱之長為  $l_1$  其橫截面積為  $S_1$  而空氣之透磁率為一。南北二極之長為  $l_2$  面積為  $S_2$  透磁率為  $u_2$ ，二鐵心之長為  $l_3$  面積為  $S_3$  透磁率為  $u_3$ ，鐵架之長為  $l_4$  面積為  $S_4$  透磁率為  $u_4$  則其



磁動力及磁束可照下列公式計之。

$$H = N \left\{ \frac{l_1}{S_1} + \frac{2l_2}{u_2 S_2} + \frac{2l_3}{u_3 S_3} + \frac{l_4}{u_4 S_4} \right\} \quad \text{公式二十}$$

設如南北二極之面積不相等，上磁極削成尖劈形（此為鑄鐵電磁之常例）其尖口面積為  $S_1$ ，下磁極較潤，其面積為  $S_2$ ，則在此二極間之空氣柱，其平均截面積為  $\frac{S_1 + S_2}{2}$ 。如南北二極之面積  $S_2$  相等，則在此二極間之空氣柱面積  $S_1$  等於南北極之面積  $S_2$ ，故  $S_1 = S_2$ 。式內  $l$  以公分計， $S$  以平方公分計， $H$  以基路帕計， $N$  以安士維計。 $u$  則各物料不同，並且因磁束之多少變更，設如  $N$  為規定之數，以物料之橫面積  $S$  除之，得磁束  $B$  數，查第十四表  $H$ ，以  $H$  除  $B$ ，可得  $u$ 。由此求得各段之  $u$ ，而各段之  $l$  及  $S$  為已知之數，並且磁束總數  $N$  為規定之數，則所需之總磁動力  $H$  可以求出。再照公式十八，可求出所需之安培週。

### 感磁性與透磁率之關係

如物質之透磁率為已知，則其感磁性 Susceptibility，可照下列公式計之。式內  $u$  為透磁率。 $K$  為感磁性。 $\pi$  等於  $3 \cdot 1416$

$$u = 1 + 4\pi K \quad K = \frac{u-1}{4\pi} = \frac{u-1}{12.57} \quad \text{公式二十一}$$

依洪氏 E. Holm 曾將各種礦物之透磁率及感磁性，檢定如下。

第十五表

礦物	透磁率(u)	感磁性(K)
鐵 鐵	三·六二以至五·七一	〇·二〇
八以至〇·三七五		
輝鐵鐵	一·〇一二以至一·〇一九	〇·〇〇
〇九七四以至〇·〇〇一五二		
石榴石	一·〇〇四以至一·〇〇八	〇·〇〇
〇三二二以至〇·〇〇〇六七二		
輝石	一·〇〇一以至一·〇三二	〇·〇〇
〇一三〇以至〇·〇〇〇二六一		
角閃石	一·〇〇二以至一·〇一一	〇·〇〇
〇一八四以至〇·〇〇〇八九		

## 電磁之吸引力

電磁之吸引力，與磁束之多少成正比例。其對於鐵之吸引力，可照下式計之。

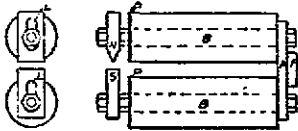
$$F = \frac{SB^2}{8\pi} = \frac{SB^2}{25.13} \quad \text{公式二十二}$$

式內  $F$  為吸引力，以大吾 Dynes 計，每一磅等於四十四萬五千大吾。 $S$  為磁極之橫截面積，以平方公分計。 $B$  為磁束，以每平方公分若干兌士維計。 $\pi$  等於三。一四一六。

上式指對於鐵之吸引力而言，若對於鑛物之吸引力，則因感磁性比鐵為低，而吸引力亦比鐵減少。帕力氏 Plucker 曾將鐵與各種鑛物之吸引力比較如下，鐵十萬，磁鐵鑛四萬零二百二十七，結晶赤鐵鑛五百三十三，塊狀赤鐵鑛一百三十四，黃鐵鑛一百五十，褐鐵鑛七十一。

## 電磁吸鑛量之試驗

電磁內加入電流若干安培週，能吸鑛物若干重，兩磁極之距離若干，磁極之面積若干，照磁電學公式原可估計，但因各種鑛物之感磁性，往往不能適如表冊所列，故不如直接用試驗法，求出各種實數，然後進而計劃電磁選鑛機之構造，較為有把握也。試驗吸鑛量之電磁，可照第九十圖構造。圖內  $A$  為長方熟鐵條，闊一英寸，厚四分，長四英寸。 $B$  為圓鐵心，徑六分，長八英寸，頭尾削小，較三分螺絲。中央六英寸長，外裹七層十三號 No 13, B&S 雙包線銅線。



第九十圖

每一磁心有五百轉銅線，兩磁心共有一千轉銅線。磁心之兩頭，有銅片  $P$ ，夾持銅線。磁心之一頭，藉螺絲旋緊於鐵條  $A$  內。別一頭配以螺絲母二個，夾持磁極  $N$  及  $S$ 。

磁極每長二英寸，闊一英寸，厚半英寸。上磁極之端，削成尖劈形，口闊半分，長半寸。中央有長隙L，可沿螺絲走動，以便較兩極距離之遠近。此電磁用索綁固於鐵架F上。電磁需用十三號銅線，約長四百英尺，重七磅，電阻力約一毫 Ohm。供給此電磁之電流，用十個乾電池，共加入十個安培電流。此電磁之總電流為一萬安培週。磁動力為一萬二千五百七十基路帕。

著者曾將此電磁，試驗各種礦物之吸引量，而得其實效如下。

第十六表

礦物	產地	體積及形狀	磁極距離
吸引重量(公分計)			
熟鐵	廣州市	四方長條	一英寸六分
二〇〇〇・〇〇			
磁鐵礦	美國	半寸至二寸錠塊	全前
八〇〇・〇〇			
錳鐵礦	全前	全前	全前
六五〇・〇〇			
錳鐵礦	全前	全前	全前
五〇・〇〇公分			
已礱硫鐵	廣西南丹	一分徑粗砂	一英寸
二〇・〇〇			
錳鐵砂	廣東電白	三十目幼砂	3/16 英寸
〇・二七			
錳鐵礦	廣東五華	十二目粗砂	1/8 英寸
〇・二四			
錳鐵礦	廣東興甯	二十目幼砂	全前
〇・二〇			
錳鐵礦	廣東揭陽	三十目幼砂	全前
〇・一五			

赤鐵礦	廣西榴江	十六目幼砂	全前
○·二二			
柘榴石	廣東揭陽	四十目幼砂	全前
○·一四			
黃鐵礦	廣西博白	三十目幼砂	全前
○·一二			
硬錳礦	廣西武宣	二十目幼砂	全前
○·〇六			
角閃石	美國	二十目幼砂	全前
○·〇三公分			

### 電磁選礦試驗機

由以上之實驗，吾人可計劃一個電磁選礦機如下。兩磁極之間，用一皮帶裝鐵砂經過，此皮帶厚  $1/8$  英寸，皮帶底依貼下磁極之面。皮帶上載一層鐵砂，厚  $3/32$  英寸。其上留  $1.8$  英寸空位。再其上為帶去吸起鐵砂之皮帶，厚  $1/32$  英寸，此皮帶依貼上磁極之底。由此計算兩磁極之距離，至少應為  $3/8$  英寸。照上實驗，兩磁極距離  $1/8$  英寸，需用磁動力一萬二千五百七十基路帕，方能吸起弱磁性之礦物。若兩磁極距離  $3/8$ ，則須三倍此量計，所需用之磁動力，應為三萬七千七百一十基路帕。此項磁動力，能令一公分長之空氣柱，發生三萬七千七百一十哥士磁束，即每平方公分之空氣柱橫截面積有三萬七千七百一十克士維也。一英寸等於二·五四公分， $3/8$  英寸，等於  $0.952$  公分，以之除三七七一〇克士維，得三萬九千六百一十克士維，為兩磁極間空氣柱每平方公分橫截面積發生之磁束。令兩磁極之橫截面積為二英寸闊， $3/4$  英寸厚，等於  $9.675$  平方公分。上磁極長三英寸，下磁極長二英寸。上磁極之下端削成尖劈狀，口闊二英寸，厚  $1/16$  英寸，面積為  $0.806$  平方公分。兩極間空氣柱之平均面積為  $5.24$  平方公分。以此乘三九六

一〇兌士維，共得二〇七五五六，為磁束  $N$  之總數。以磁極之橫截面積九·六七五平方公分除  $N$ ，得二一四五〇·兌士維，為磁極面積每平方公分  $B$  數。查第十四表，此磁極應為上等鋼片製成，方能有此力量。在表內鋼片項下  $B$  行，查得二萬一千五百兌士維， $H$  行查得六百基路帕，以  $H$  除  $B$ ，得三五·八為鋼片磁極之透磁率  $u_1$ 。磁心為熟鐵製，每平方公分橫截面積，應毋過一萬五千兌士維，以求所需  $H$  不至過巨。以一萬五千除  $N$  得一三·八四平方公分，為此磁心應有之橫截面積。查第十四表熟鐵項下  $B$  行一萬五千三· $H$  為三〇·以三〇除一萬五千三，得  $u_2$  等於五百一十。每一平方英寸，等於六·四五平方公分，一三·八四平方公分之熟鐵磁心，約合一·七五英寸徑。令磁心之長  $l_3$  為十二英寸。鐵架亦為熟鐵製，其面積與磁心相同。令鐵架之長  $l_3$  為五·三七五英寸。既得以上尺寸，可照公式二十，計  $H$  總量如下。

$$H = N \left\{ \frac{l}{S} + \frac{l_1}{u_1 S_1} + \frac{2l_2}{u_2 S_2} + \frac{l_3}{u_3 S_3} \right\} \quad N = 207,556,$$

$$\begin{aligned} l &= 0.952 \text{ cm}, & S &= 5.24 \text{ Sq. cm}, & u &= 1, \\ l_1 &= 5 \times 2.54 = 12.70 \text{ cm}, & S_1 &= 9.675 \text{ Sq. cm}, & u_1 &= 35.8 \\ l_2 &= 12 \times 2.54 = 30.48 \text{ cm}, & S_2 &= 13.84 \text{ Sq. cm}, & u_2 &= 510, \\ l_3 &= 5.375 \times 2.54 = 13.65 \text{ cm} & S_3 &= 13.84 \text{ Sq. cm}, & u_3 &= 510 \end{aligned}$$

$$H = 207,556 \left\{ \frac{.952}{5.24} + \frac{12.70}{35.8 \times 9.675} + \frac{2 \times 30.48}{510 \times 13.84} + \frac{13.65}{510 \times 13.84} \right\}$$

$$H = 207,556 [ .1816 + .0375 + .0087 + .0019 ] = 47,675 \text{ Gilberts}$$

$$ni = \frac{47,675}{1.257} = 37,920 \text{ Ampere-turns}$$

由此計得磁動力  $H$  總量為四萬七千六百七十五基路帕，需用電流三萬七千九百二十安培週。令發電機之電流為六安培，而兩圓鐵磁心所繞之電線為六千四百八十轉，可得三萬八千八百安培週。每

磁心應繞電線三千二百四十轉，磁心之長為十二英寸，中間十一英寸，為繞電線地位。第十七表詳列銅線之傳電量，重量及阻力等。查表內能平安運過六安培電流之電線為十六號 16, B&S 銅線再查第十八表，得雙包皮十六號銅線之直徑為  $0.059$  英寸，作  $0.06$  英寸計，以此除十一英寸，得一百八十，為環繞磁心一層之週數。共繞十八層可得三千二百四十轉。銅線每層之厚度，可計算如下。將  $0.06$  英寸自乘方，減去  $0.03$  英寸自乘方，將此減餘之數開方得  $0.05$  英寸為銅線每層之厚度。十八層共厚  $0.9$  英寸。雙倍厚度，加入磁心  $1.75$  英寸徑，得  $3.55$  英寸，為此電磁外圍之直徑。由此計算電線之長，在外圍者每週長  $11.153$  英寸，貼近鐵磁心者，每週長  $5.498$  英寸。平均每週銅線長  $8.33$  英寸，約等於  $0.7$  英尺。兩磁心共繞六千四百八十轉，共需用十六號銅線四千五百三十六英尺。查第十七表，此銅線每千尺長之電阻力為  $4.009$  以至  $5.3$  Ohm。照計得此電磁之發電機，應能發生六安培電流，一百一十以至一百四十伏 Volt 電動力。

此項電磁選礦試驗機，如第九十一圖所示  $a$  為上電磁，藉螺絲  $t$  可較高低，以節製兩磁極 NS 之距離遠近。 $b$  為下電磁，位置固定。 $C$  為鐵架，中央留空位，可通過運礦皮帶  $d$ 。此皮帶藉齒輪  $W$  及皮帶轆  $p$  之節制，其速率可與去礦皮帶  $e$  作分數比例。礦砂運經磁極  $N$  下，有磁性礦物吸起，但為皮帶  $e$  帶去，從旁瀉出。反磁性礦物則留在運礦皮帶上，運至尾轆  $G$  下傾出。頭轆  $F$  之上，有裝礦斗  $H$ ，可藉螺絲  $i$  較高低，斗底有閘門  $J$ ，可節製裝礦之多少。

電磁吸礦量，照第十六表所示，二十目之狼鏽鐵（錫鏽）砂，吸起重量為  $0.24$  公分。磁極面積為  $1/2$  乘  $1/6$  英寸。若為二英寸乘  $1/16$  英寸，則四倍比量，可吸起  $0.96$  公分。運礦皮帶，闊二英寸，每行  $1/16$  英寸，則所載之  $0.96$  公分錫鏽，為電磁所吸起，而被去礦皮帶帶去。此去礦皮帶，在運礦皮帶行  $1/16$  英寸之時間內，當行二英寸，方能將所吸起之錫鏽，全數帶去，不至阻礙中間空位。故

**ELECTRICAL PROPERTIES OF COPPER WIRES**

To obtain resistance at 30°C 40°C 50°C 60°C 70°C 80°C  
multiply values in table by 1.036 1.072 1.108 1.144 1.180 1.216

No. B & S	Dia. inches	Area Cir Mills	Ohms at 20°C		Wt. lbs. bare.		Safe Cap. Amp.	
			1,000. ft.	mile	1,000. ft.	mile	W. P.	R. C.
0000	.460	211600	.0489	.258	640.5	3381.8	312	210
000	.4096	167800	.0617	.325	508.0	2682.2	262	177
00	.3648	133100	.0778	.411	420.8	2126.8	220	150
0	.3249	105500	.0981	.518	319.5	1687.0	185	127
1	.2893	83600	.1237	.653	253.3	1337.4	156	107
2	.2576	66370	.1560	.824	200.9	1060.8	131	90
3	.2294	52680	.1967	1.089	159.3	841.1	110	76
4	.2043	41740	.2408	1.309	126.4	667.4	92	65
5	.1819	33100	.3123	1.651	100.2	529.6	77	54
6	.1620	26250	.3944	2.082	79.46	419.5	65	46
7	.1443	20820	.4973	2.626	63.02	332.7	46	33
8	.1285	16510	.6271	3.311	49.98	263.9	32	24
9	.1144	13090	.7908	4.175	39.63	209.2	32	24
10	.1019	10380	.9972	5.265	31.43	165.9	23	17
11	.09074	8234	1.257	6.640	24.93	131.6	16	12
12	.08081	6530	1.586	8.374	19.77	104.4	8	6
13	.07196	5178	1.999	10.555	15.68	82.9	5	3
14	.06408	4107	2.521	13.311	12.43	65.6		
15	.05707	3257	3.179	16.785	9.86	52.0		
16	.05082	2583	4.009	21.168	7.82	41.3		
17	.04526	2048	5.055	26.690	6.20	32.7		
18	.04030	1624	6.374	33.655	4.92	26.0		
19	.03589	1288	8.038	42.441	3.90	20.6		
20	.03196	1022	1.014	53.589	3.09	16.3		



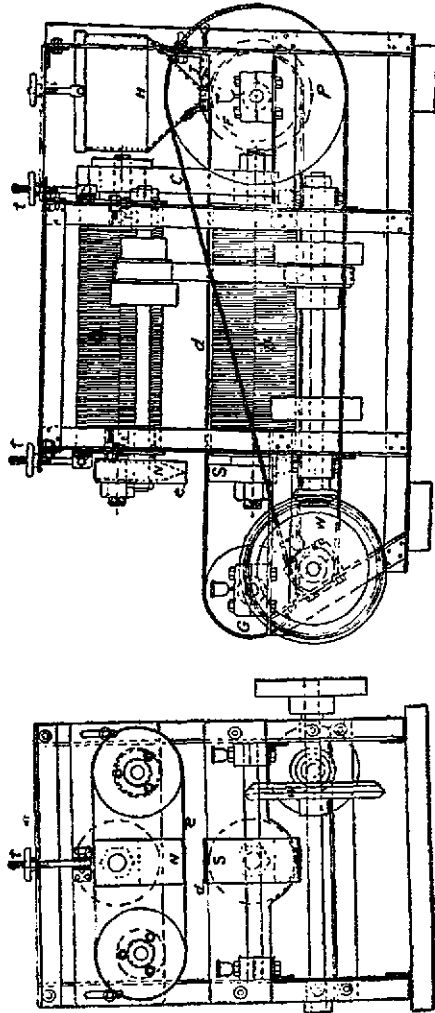


# 第十八表

DIAMETER OF COTTON COVERED WIRES

No. B & S	Diameter inches		
	Single	Double	Triple
0000			.480
000			.430
00			.385
0		.339	.343
1		.303	.307
2		.272	.276
3		.243	.247
4	.211	.216	.220
5	.189	.194	.198
6	.169	.174	.178
7	.151	.156	.160
8	.136	.141	.145
9	.121	.126	.130
10	.108	.112	.116
11	.097	.101	.105
12	.087	.091	.095
13	.078	.082	.086
14	.070	.074	.078
15	.063	.067	.071
16	.056	.059	.063
17	.050	.053	.057
18	.045	.048	.052
19	.040	.044	.048
20	.036	.040	.044





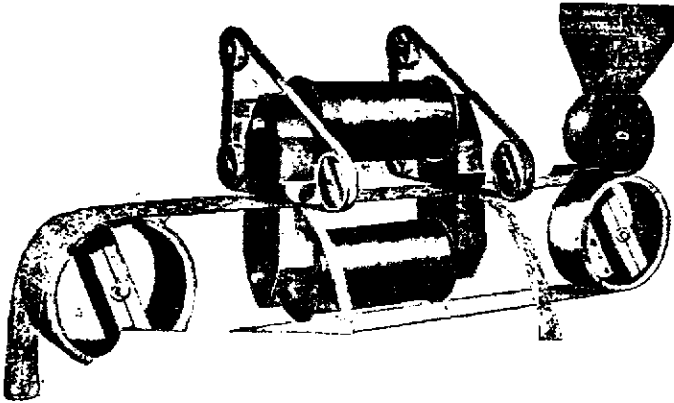
第九十圖

去鐵皮帶速率，與來鐵皮帶速率之比，為三十二與一之比。去鐵皮帶之速率，每分鐘應毋過七百英尺，否則鼓動空氣成風，而質輕之砂土亦被吹去，與淨鐵混合，能令吸起之鐵不淨。去鐵皮帶之速率，每分鐘行六百四十英尺計，來鐵皮帶之速率，為此數三十二份之一，應為每分鐘二十英尺。每行  $1/16$  英寸，即有  $0.96$  公分錳鐵被吸起，二十英尺等於  $1/16$  英寸之三千八百四十倍可吸起錳鐵三千六百八十分，等於八·一三磅，每小時可吸起錳鐵四百八十七磅。此項選鐵量，以運鐵帶所載之鐵砂，全屬錳鐵計，若鐵砂祇得一半錳鐵，則選鐵量亦祇一半。

如皮帶所載之鐵砂，為強感磁性之鐵物，如第十六表所示，已煬硫之磁鐵砂，半英寸潤磁極，可吸起二十公分。二英寸潤磁極，應可吸起八十公分。此磁極之面積，應比弱感磁性者為大，下磁極面積二英寸乘一·五英寸，上磁極之尖劈口面積，二英寸乘  $0.75$  英寸，等於九·六七平方公分。每立方公分養化鐵，重五·公分。八十公分養化鐵之體積為十六立方公分。九·六七除十六，得一·六六公分等於  $0.65$  英寸，為鐵砂在運鐵帶上之厚度，雙倍此數加入運鐵帶及去鐵帶之厚度，約合一·五英寸為兩磁極之距離。去鐵皮帶速率與來鐵皮帶速率之比，為二與  $3/4$  英寸之比，等於八與三之比。去鐵皮帶每分鐘行六百四十尺，來鐵皮帶每分鐘行二百四十尺，等於  $3/8$  英寸之三千八百四十倍。以此數乘八十公分，每分鐘可吸起養化鐵三十萬零七千二百公分，約合六百七十五磅。每小時可吸養化鐵四萬零五百磅。此選鐵量之鐵層內全屬淨鐵，且無空隙計。若鐵砂內有空隙，且含雜質者，則不能達此數。惟二英寸潤皮帶，不能堆積  $0.65$  英寸厚之鐵層，而無溢出於兩旁，故強感磁性鐵物之運鐵帶，宜比弱感磁性者潤二倍以至三倍，則鐵層不至過厚，而選鐵亦淨也。弱感磁性鐵物，鐵層厚度應毋過  $3/32$  英寸。強感磁性鐵物，鐵層厚度應毋過  $3/8$  英寸，實際上選鐵量祇合理想計算之二份一，因裝鐵不能接續無間，而鐵粒間常有空隙也。

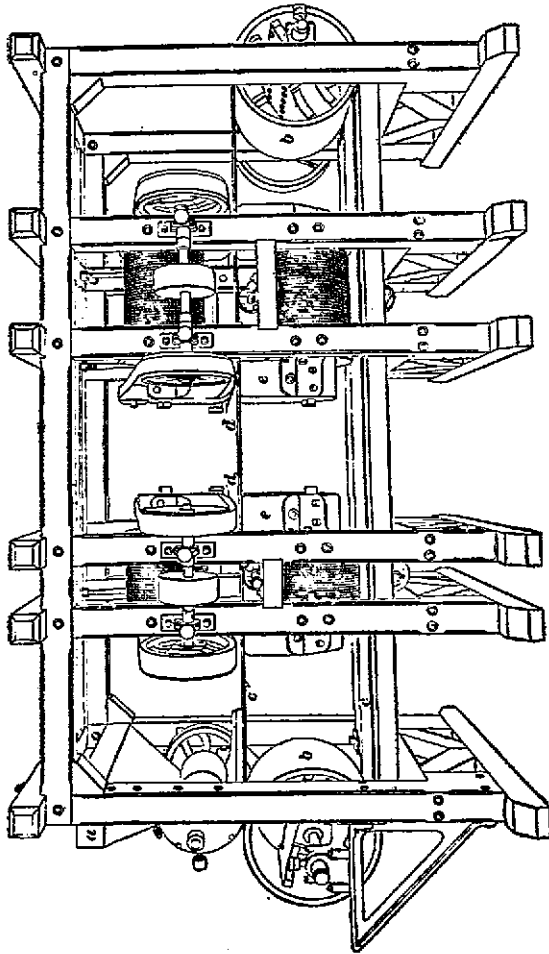
## 域特里盧電磁選礦機

Wetherill Magnetic Separator 此機選礦之原理，與上文所論之電磁選礦試驗機相同，適用於弱感磁性礦物，及強感磁性礦物之顆粒較小者。第九十二圖，爲此機之重要部份及吸礦情狀。電磁有上



第九十二圖

下二個，每個有 NS 兩磁極。上圖之磁極削尖，成尖劈狀，但近去礦處之一邊，則鑄以牛角形之銳角，使磁束在此部份，由強變弱，而吸起之礦物，易於爲去礦皮帶帶去。下磁極面積較闊，磁束密度，較上磁極爲少，故感磁性礦物，被上磁極吸起，但爲去礦皮帶帶去。第一對上下磁極，比較第二對上下磁極，面積較闊，距離較遠，故強感磁性礦物如磁鐵鑄鐵環等，先被吸起。及至第二對上下磁極時，弱感磁性礦物如錫鑄鐵鑄柙榴石等亦被吸起。故有兩種感磁性不同之礦物，則可用兩副電磁或三副電磁相連，使強感磁性礦物最先吸起，而弱感磁性礦物最後吸起。第九十三圖爲兩副電磁之選礦機。礦砂由裝礦斗 a，運經皮帶 c，經過第一對磁極 e 時，最強感磁性之礦物先被吸起，爲皮帶 d 帶去。以次運經第二第三第四對磁極，而弱



第九十三圖

磁性礦物亦依次分出。強感磁性礦物，易被磁極所吸，故在運鐵皮帶下之下磁極，宜離皮帶底  $1/8$  英寸，或將皮帶加厚，令礦物離上磁極較近，始易被上磁極吸起，不至為下磁極所滯留也。最強感磁性之礦物，兩磁極距離一·五英寸，皮帶厚 3.8 英寸，礦粒最大者以  $3/8$  英寸徑為限。中感磁礦物，兩磁極距離  $0.75$  英寸，皮帶厚  $1/4$  英寸，礦粒最大者以  $3/16$  英寸徑為限。弱感磁性礦物，兩磁極距離  $3/8$  英寸，皮帶厚  $1/8$  英寸，礦粒徑  $3/32$  英寸以下。如為  $1/8$  英寸厚皮帶，而同時載強中弱感磁性之三種礦物，則第一對磁極之下磁極可較低，使離皮帶底  $1/4$  英寸，第二對之下磁極離皮帶底  $1/8$  英寸，第三對之下磁極，依貼皮帶底，而上磁極與下磁極之距離，可如法較遠近。帶去吸起鐵砂之皮帶，通常厚  $1/32$  英寸，潤三英寸。運鐵皮帶潤由六英寸以至十八英寸，因選礦量之多少而異。電動力之大小，與運鐵皮帶之潤狹成正比例，潤皮帶需用較大之電磁心，故環繞電磁心之銅線較長，電阻力較多，而需用之電動力亦較大。電流之多少，與兩磁極距離之遠近成正比例，磁極距離遠，則需用較大之磁動力  $H$ ，始得同等之磁束密度  $B$ ，如上文公式二十所示，故需用之安培週亦較多。六寸潤皮帶之機，每一個電磁需用電動力一百一十活，電流三萬以至五萬安培週。十八寸潤皮帶之機，每一個電磁需用電動力二百二十活，電流五萬以至十萬安培週。弱感磁性礦物，比較強感磁性礦物，需用電流為多，故同一機內，可節製電流放入之多少，以便分別吸起各種感磁性不同之礦物。

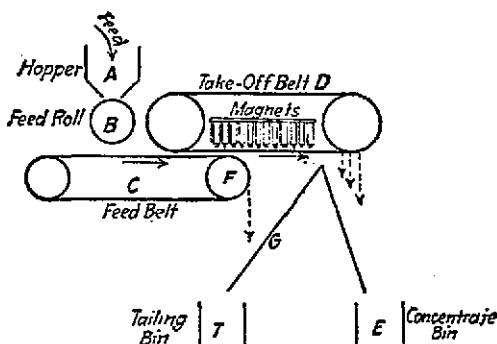
### 強感磁性及大塊礦物之電磁選礦機

上文所論之域特里盧電磁選礦機，因為兩磁極間距離短小所限，故不合用於選  $1/2$  英寸徑以上之強感磁性礦物。但強感磁性礦物，如上文第十六表所示，離二寸徑大塊，亦可被電磁吸起。此項大塊之強感磁性礦物，需用磁束  $B$  較少，故兩磁極無須上下相對，即左右平行，而兩極距離二英寸以上，磁極面積較磁心面積為大者，亦

能吸起。故此項吸礦電磁，可以平行成排，礦帶行經其下，吸起礦物，如波路那屯皮帶式電磁選礦機 Ball Norton Belt-type Magnetic Separator 是也。或將電磁排列成弧形，礦物由鼓形之銅轆，運經弧形之外週，則鐵礦被吸，而雜質瀉下，如吉樂度粗礦電磁選礦機 Grandal Coarse Separator 是也。二機各有適用之處，茲分別論之如下。

### 波路那屯電磁選礦機

此機如第九十四圖所示，有電磁十二對，排列成行。每對之南北



第九十四圖

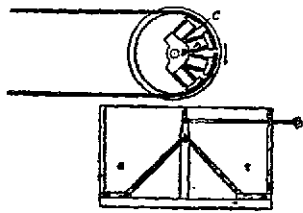
極，互相對向，令被吸之礦物，由此極到彼極時，輾轉跳動，將粘着之雜質振去，所吸起之礦物較淨也。環繞此行電磁，為去礦皮帶D。在電磁之一頭，為來礦皮帶C。兩皮帶速率，藉塔形轆節掣，可作分數比例。礦石由礦斗A，藉旋轉轆B，裝入來礦皮帶C上，依箭矢之方向而行。及至尾轆F上，強感磁性礦物被電磁吸起，弱感磁性礦物及砂石則不被吸起，運至轆F之旁，瀉下於砂尾斗T中。吸起之礦物，被皮帶D帶至第二第三對各電磁之下，因磁極之南北反向，礦物本身之南北極亦因而變向，故輾轉跳動，將雜質振去。及至第十二對電磁之後，脫離磁界，始墜下於淨礦斗E。皮帶之滴狹及兩皮



帶之距離，因鑛石之粗幼而異。選鑛量則因電力之多少，鑛物感磁性之強弱，互有差別。潤六英寸皮帶，兩帶距離一·一二五英寸，可選徑一英寸之強感磁性鑛物。電磁十二對，列成一行。磁心徑一英寸，長六英寸，各繞十三號銅線五百轉，用電流十安培，每對電磁有銅線一千轉，電流一萬安培週。磁極面積一乘二英寸，兩極距離二英寸，磁束二千四百哥士。十二對電磁，共需用電動力一百二十活，電流十安培，每小時可選磁鐵鑛二十五噸。皮帶速率每分鐘一百四十英尺。鑛石如為黃鐵鑛赤鐵鑛菱鐵鑛錳鐵鑛等，則須先經適當之煬烘，變為強感磁性鑛物，方能吸起。已煬烘之鑛，徑半英寸以下者，可用十四英寸潤皮帶。電磁十二對，分作兩行，每行有六對電磁。磁心磁極之面積距離如前，所用電力相等。選鑛量每小時由六噸以至二十五噸，因兩皮帶距離之遠近，鑛層之厚薄，鑛物感磁性之強弱而異。

### 告欒度粗鑛電磁選鑛機

此機如第九十五圖所示，電磁 A 四對，排列成一百五十度角之弧



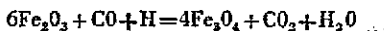
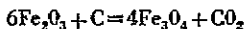
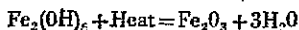
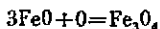
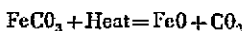
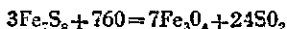
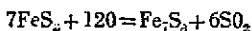
十五圖

形。每對電磁用螺絲連固於中央鐵架 B，此鐵架復連固於固定軸。弧形之外週，為黃銅片製成之鼓 C。此鼓由兩邊合成，藉螺絲連固於活動軸套。銅鼓及軸套，環繞固定軸旋轉，而電磁不動。鼓週徑二英尺二寸，潤一英尺，轉

動皮帶，承載鑛石，依箭矢方向旋轉。強磁性鑛物被鼓內電磁所吸，運至鼓底電磁界外，始墜下於淨鑛斗 c，而砂石則由鼓旁直墜於砂尾斗 t。每對電磁有磁心二條，徑三英寸，長六英寸。磁極面積五乘五英寸，兩極距離二英寸。磁極面削成彎形，適合於銅鼓之內週。此機需用電動力一百一十活，電流七·五安培。每小時可選二英寸徑磁鐵鑛塊十二噸。

## 電磁選礦進行及鑛石之準備處理

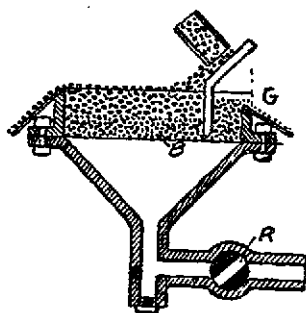
鑛石內含二種以上感磁性不同之鑛物，可用電磁分離，如上文所論。此項鑛石，先經壓碎淘洗，除去大部份之砂石，祇餘淨鑛砂，再經焙乾，除去水份，使鑛砂不至互相黏着，方可用電磁分離。壓碎之粗幼，視鑛物晶體之大小，感磁性之強弱而異。如感磁性强而晶體大之鑛物，如磁鐵鑛、錳鐵鑛等，則雖二英寸徑大塊，亦可吸起。如感磁性弱而晶體大之鑛物，如錫鐵鑛等，則須壓碎至過十目篩以下，方能吸起。弱感磁性而又晶體小之鑛物，如硫鐵與輝鉍鑛、硫鐵與錳鐵鑛，亦鑛鑛鐵之與錫石混和，則先經壓碎淘淨，再入爐煏烘，使成強感磁性之磁鐵鑛，然後用電磁選淨。菱鐵鑛稱鐵鑛，亦可用煏烘法，使變成強感磁性之磁鐵鑛。黃鐵鑛在暗紅熱度  $500^{\circ}\text{C}$ . 煏三十分鐘，則變為磁黃鐵鑛。再煏一二小時，則變為磁鐵鑛。如煏烘太久，又變為弱磁性之赤鐵鑛，但赤鐵鑛在還原爐內煏烘，可復變為磁鐵鑛。菱鐵鑛加熱，驅去炭酸，稱鐵鑛加熱，驅去水份，在適當火爐內，可變為磁鐵鑛。其化學方程式如下。



煏烘之爐，如為大塊鑛物，而用還原爐者，可用企身窯，如用氧化爐者，可用旋轉窯。如屬幼鑛砂，徑  $3/8$  英寸以下者，可用反射爐。煏烘時如鑛砂內有易熔之硫化鑛物，則初煏時，熱度不宜過大，否則鑛砂熔合成塊，不易分離也。煏鑛爐式及煏烘法，詳見下文第五章。

## (丙) 風力選礦法 Pneumatic Concentration

風力選礦法，適用於氣候乾燥之高原，無水可用，而礦物比重甚高，所含雜質甚輕，如砂金砂錫及錳礦石英苗等。所選之礦，如屬砂土質，則先經旋轉篩除去粗石，所餘砂土，在碾石轆內碾幼，經過乾燥器，除去水份，再入搖動篩，篩出各種粗幼砂，然後分別裝入風力選礦機中。如屬石英苗，則先經碾石轆碾幼或春槌乾舂，成爲幼砂，焙乾過篩，分別粗幼，然後入於風力選礦機。此項選礦機，以配林風力跳汰機 Plumb Pneumatic Jig 最爲通用，適用於選金砂錫砂及錳礦方鉛礦鉍礦等。礦砂由六目以至二百目，經篩後，皆可分淨，惟以十二目以至一百五十目之礦砂，較易選淨。第九十六圖爲此機之橫截面而形。R 爲進風弁，此弁藉機械旋轉，一開一合，壓抽空氣，由此忽進忽停。壓氣進入篩網室，穿篩網而上，舉起礦砂。壓氣停止時，則礦砂復墜下。如此一升一降，淨礦降速而升慢，故墜落下層 B，由旁門 G 放出。砂土升速而降慢，故浮起在上層，由篩面之一邊溢出。此機之橫截面，通常



第九十六圖

不過三·五英寸濶，而縱面則由二十四以至三十六英寸長。壓氣入弁時每平方英寸四十以至五十磅，惟到篩網底，則壓氣分佈，壓力減爲每平方英寸半磅。篩網面濶三·五英寸，長三十六英寸之機，每日可選礦砂六噸以至十五噸。全機用鐵製，重三百磅，需價美金四百五十元。壓氣機需用馬力七匹半。

### 風力選礦與水力選礦之比較

風力選礦之優點，在乎無水之地，亦能將礦選淨，故適用於氣候乾燥之高原。選出之淨礦，不含水份，無須焙乾，即可發售或鑄煉。但其劣點，在乎不能選比重低之礦物，如鐵礦錳礦等與砂石混和，則不易選淨。比重高之礦物，亦須經過數種篩網，分為粗幼砂，方能分別選淨，而篩礦又必須用乾篩法，故須加入焙乾費及篩網費，選礦費用，比較水力選礦為昂。

## 第五章 煅鑛及煨鑛法

## Roasting and Calcining Ores

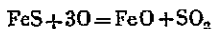
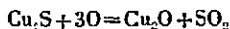
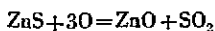
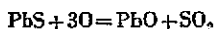
鑛物未經提煉以前，先經低熱度之烘燒，使化學性質變更，而不至於熔化者，名為煅鑛法。煅鑛之目的有四。(一)使硫化鑛物變為氧化鑛物者，名為氧化煅法，Oxidizing Roasting，例如方鉛鑛變為氧化鉛  $PbO$ ，黃鐵鑛變為氧化鐵  $FeO$  是也。(二)使氧化鑛物所含氧氣之一部份還原，變為含氧氣較少之鑛物，名為還原煅法，Reducing Roasting，例如赤鐵鑛  $Fe_2O_3$  之變為磁鐵鑛  $Fe_3O_4$  是也。(三)使硫化鑛物，變為硫酸鑛物，名為硫酸化煅法，Sulphatizing Roasting，例如方鉛鑛變為硫酸鉛  $PbSO_4$ ，輝銅鑛變為硫酸銅  $CuSO_4$  是也。(四)煅鑛將完之時，再加以鹽，使成氯化鑛物，名為氯化煅法，Chloridizing Roasting，例如輝銀鑛之變為氯化銀  $AgCl$  是也。四者各有適用之處，氧化煅法，適用於銅鉛鋅銻鑛之用火熔煉，及金銀鑛之用濕法提煉者。還原煅法，適用於鐵鑛之用電磁選鑛者。硫酸化煅法，適用於鉛鑛之熔煉，及銅鑛之用濕法提煉者。氯化煅法，適用於銀鑛之用汞引法青化法及亞硫酸鈉溶液提煉者。煅鑛所用之爐，亦各有不同，當于下文分別論之。

鑛石經低熱度之烘燒，祇將所含之碳酸氣及水份除去，而化學性質並無變更者，名為煨鑛法，例如石灰石燒為石灰  $CaO$ ，菱鐵鑛  $FeCO_3$  變為氧化鐵  $FeO$ ，褐鐵鑛  $Fe_2(OH)_2$  變為赤鐵鑛是也。鑛石之水份，加熱至百度表三百度  $300^\circ C$  可以除去。碳酸氣則須加熱至六百度以至八百度  $600^\circ - 800^\circ C$  方能除去。菱鋅鑛之用蒸餾錳鎔煉者，須經煨鑛法除去碳酸氣，方合鎔煉。褐鐵鑛及菱鐵鑛之用電磁選鑛者，則先煨去水份及碳酸氣，再經還原煅法，使成磁鐵鑛，方易吸起。鎔鑛爐所用之鎂質  $MgO$  襯料，則經煨鑛法，使碳酸鎂鑛 magnesite 變為鎂質。煨鑛所用之爐大致與煅鑛所用者相同。

## 燭鑛之化學作用 Chemistry of Roasting

## 硫化鑛物之養燭法

硫化鑛物在空氣中受熱至暗紅熱度，則所含之硫質與空中之氧氣化合為硫酸氣，而金屬則變為養化金屬。硫化鉛鋅銅鐵等鑛物，受養化燭法之化學式如下。

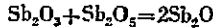
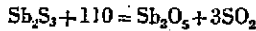
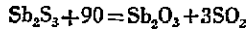


養化鐵  $\text{FeO}$  在多量空氣中易變為三養化鐵  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。三養化鐵不適用於電磁選鑛，必須再經還原燭法，使變為強感磁性之磁鐵鑛，方易吸起，故在燭鑛時間，宜少放空氣，勿令成三養化鐵為佳。硫化銅與硫化鐵合並之黃銅鑛，經過短期之養化燭法，則鐵質與養化合，成為養化鐵。而銅質則與所除之硫化合，成為鉛灰色之二銅硫， $\text{Cu}_2\text{S}$ ，含銅甚高，適用於熔煉。其化學式如下。



輝錫鑛在高熱及少量空氣中，變為蒸化之三養化錫  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ 。白煙，煉錫廠之用凝氣法收集錫養者適用之。成色低之輝錫鑛，含錫不及二成者，在燭爐內變成三養化錫，化煙而去，再導至凝氣室，遇冷凝結成白粉，含錫七成，適用於熔煉成純錫。金屬銅鉛鑛之含錫者，亦須經蒸化法除去錫養，始便于熔煉。

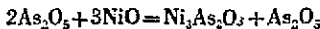
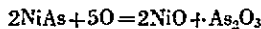
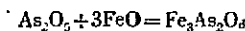
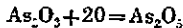
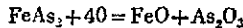
輝錫鑛在低熱度  $350^\circ\text{C}$  及多量空氣中，則變為五養化錫  $\text{Sb}_2\text{O}_5$ 。其一部份，仍變為三養化錫。五養化錫與三養化錫合並，成為固定之四養化錫粉  $\text{Sb}_2\text{O}_4$ 。成色高之輝錫鑛，含錫五成以上者，適用於此項燭法，使成固定錫粉，以便熔煉。錫鑛之養化燭法，其化學式如下。



金銀銅鉛鋅錫等礦如含銻質，則有礙熔煉，故礦砂經養化煬法，除去三養化銻後，如尚有未蒸化之四養化銻，則此礦砂須再和以適量之炭粉，用還原煬法，使四養化銻復變為三養化銻，化煙而去，然後銻質可以除淨。凡礦砂經過數次養化煬法及還原煬法，除去一切雜質，如砒砷碲銻銻等，以便濕法提煉者，名為透煬法 Dead roast 又名甜煬法 Sweet roast。

輝鉍礦受養化煬法，其化學作用，與輝銻礦相同。在低熱度及多量空氣中，變成五養化鉍  $\text{Bi}_2\text{O}_5$  及三養化鉍  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ，由此合並，成為固定之黃色四養化鉍粉， $\text{Bi}_2\text{O}_4$ 。若熱度高而空氣少，則變為黃色之三養化鉍煙，但此化煙之鉍養，較銻養為重，易於凝結成粉，多聚於凝氣室之頭段。

砒鐵礦砒鎳礦砒鈷礦等，受養化煬法，則發生白色臭蒜味之三養化砒煙。此煙比較鉍養銻養為輕，故飛走甚速，多聚於凝氣室之尾段，變成白粉。但除三養化砒外，尚有化煙之一養化砒  $\text{As}_2\text{O}$ ，固定之五養化砒  $\text{As}_2\text{O}_5$ ，及與金屬化合之砒酸鐵砒酸鎳等，其化學式如下。



五養化砒及砒酸鐵砒酸鎳等，祇用養化煬法不能除去砒質，必須將已煬之礦砂加入炭粉與之和勻，用還原法再煬，使五養化砒還原成為三養化砒，方易化煙而去。凡銅鉛鋅錫銻等礦之除去砒質然後提煉者，宜用此法。銻礦鎔煉及金銀礦砂之用青化法提煉者，如

欲除去砒質，可將已燻之鑛砂，再和入適量之輕養鈉及炭酸鈉，在爐內燒紅，則砒酸與鈉化合，成為砒酸鈉  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4$ ，能溶於水。將已燻之鑛砂，用水浸透，滲淨洗淨，可除去砒質。

含硒礦物，受養化燻法，則發生紅色之二養化硒煙  $\text{SeO}_2$ ，此煙有特別之辣蘿蔔臭味。含碲之鑛物，受養化燻法，則發生白色之二養化碲煙  $\text{TeO}_2$ ，此煙與三養化錳煙相似。此項硒煙碲煙，雖易蒸化，但與養化金屬物相遇，則與之化合，成為硒酸金屬物，或碲酸金屬物，難於除淨。硒化鑛物甚少，惟碲化金銀，則為金銀鑛之重要出產品。此項金銀鑛物之用膏化法提煉者，必須經養化燻法，除去碲質，方易提煉。碲化金銀之養化燻法，初燻時，熱度甚低，碲化金 Calaverite 在百度表三百六十五度  $365^\circ\text{C}$  則熔化，但如與多量之砂混合，熔成之粒點，不過十四目大者，養化進行，仍無妨礙。熱度逐漸加高至  $550^\circ\text{C}$ ，並放入多量空氣，則碲質變為二養化碲煙飛去。但欲除去最後之二養化碲，須加熱至  $900^\circ\text{C}$ 。在此熱度，金銀亦不免化散，隨煙飛走至煙道內，故燻此項鑛砂之爐，須附設凝氣室，收回化散之金銀。

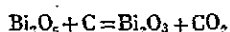
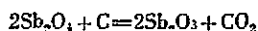
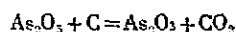
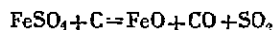
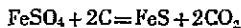
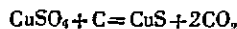
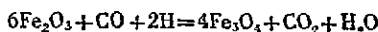
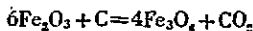
凡鑛砂之須養化燻法及透燻法者，鑛砂宜碾幼，初燻時熱度宜低，以免易熔之硫化鑛物熔合成塊，有礙養化進行。燻時宜頻頻攪動，使鑛質粒點與空氣相遇，方易變成養化物。及至硫酸氣將放盡時，熱度可加高至  $700^\circ\text{C}$ ，以便驅淨所除之硫酸氣。燻鑛時間之久暫，鑛砂之大小，攪動之方法，各鑛不同，爐式亦有多種，當於下文分別論之。

### 養化鑛物之還原燻法

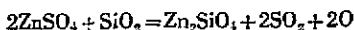
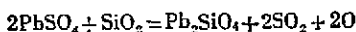
還原燻法，將鑛砂和以炭粉或在煤氣還原爐內燻烘，則養化鑛物，放出一部份養氣，與炭粉之炭質或煤氣之炭養及輕氣化合，成為炭酸氣，而鑛物本身之養氣減少，例如赤鐵鑛變為磁鐵鑛是也。硫酸銅及硫酸鐵，受還原燻法，則變為銅硫酸銅養鐵硫酸鐵養等。固定之養



化砷、化銻、化鉍則變為三氧化氣體，化烟而去。硫酸鐵再經還原法，則放出三氧化砷。其化學式如下。



硫酸化金屬物之中，以硫酸銅及硫酸鐵，為最易分離，但分離之後，成為硫化物或砷化物，如上式所列，視炭質多少而異。硫酸鉛及硫酸鋅，須在高熱始能分離，但在此熱度與砂質相遇，則熔合成矽酸鉛、矽酸鋅渣滓。凡屬鉛鋅礦或為矽酸渣滓者，名為渣滓坩法 Slagging Roast，其化學式如下。

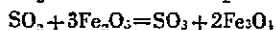
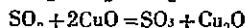
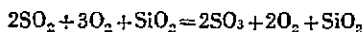


矽酸鉛在鼓風爐內，和炭及鐵質熔煉，則鉛質還原成金屬鉛，而矽酸與鐵質化合，成為鐵矽酸渣滓。矽酸鋅在蒸餾罐內和炭粉蒸煉，則金屬鋅化氣而出，可用凝結器收集，而矽質則復成砂質，留於罐內。故鉛鋅礦之煨煉，雖變為矽酸渣滓亦無妨。凡鉛礦經選礦法選淨，成為幼礦者，往往經渣滓坩法，使熔合成塊，方便於鼓風爐熔煉。銅礦則用煨化及還原法，變成含銅較高之銅礦，以便熔煉。鐵礦則用還原法，變成含鐵較高之磁鐵礦，以便電磁選礦及鼓風爐熔煉。含金、銀、黃鐵礦，如含砷、銻、鉍等雜質，則煨化法與還原法

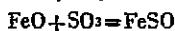
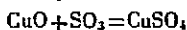
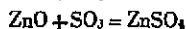
法並用，除淨雜質，始便於膏化法提煉。含砷銻銻之銅鉛錫銻礦砂，雖兼用養化焗法及還原焗法，亦不能將砷銻銻除淨，惟在鑄爐及精煉爐內，可以繼續除淨。砷銻銻銻五種，為銅之有害原質，銅內含極微之量，則傳電阻力大為增加，故銅塊之製電線者，在精煉爐煉成淨銅之後，再經電解法，煉成純銅，方可製線。

### 硫酸化焗法

硫化礦砂在焗爐內，排列成厚層，放進多量空氣，受低熱度之焗烘，則礦砂所含之硫質，變為三養化硫氣  $\text{SO}_2$ ，而金屬物則先變為養化金屬物，再與三養化硫氣化合，成為硫酸金屬物。例如輝鉛礦之變為硫酸鉛，輝鋅礦之變為硫酸鋅，輝銅礦之變為硫酸銅，黃鐵礦之變為硫酸鐵是也。三養化硫氣由硫酸氣變成，硫酸氣在高養化煤介中與多量空氣相遇，或與高養化金屬物接觸，皆能變成三養化硫酸氣，其化學式如下。



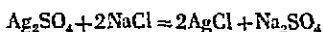
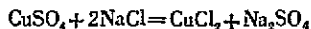
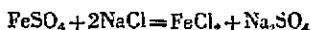
高養化煤介物 Catalyzer 最有效力者為鍍鉑之石棉 Platinized asbestos 用於製強力硫酸工業。但焗爐內之礦砂恒含多少砂質，亦可為高養化煤介物。硫酸氣受高養化而變為三養化硫氣，需用多量之空氣，經過微細而分開之高養化煤介物，及受適當之熱度  $400^\circ - 450^\circ\text{C}$ 。若熱度增至  $800^\circ\text{C}$  則三養化硫氣復分離而變為硫酸氣。故硫酸化焗法，宜用低熱度，多空氣，厚礦層，方能成功。礦層厚則硫酸氣與砂質或高養化金屬物接觸之機會多，自可變為三養化硫氣。而此三養化硫氣，再與養化金屬物化合成為硫酸金屬物。其化學式如下。



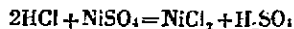
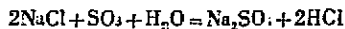
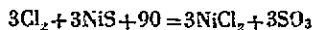
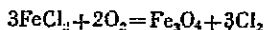
鉛鋅礦之煅烘，變為氧化鉛鋅，或變為硫酸鉛鋅，俱適用於熔煉成爲金屬鉛鋅，故無須注意於硫酸化之作用。惟銅鐵礦鎳鈷礦銀礦之用濕法提煉者，須特別注意，使盡成硫酸化金屬物，以便溶解於水，或由此再變成綠化金屬物銅鐵合銅不過百份之四者，可煅成硫酸銅，溶解於水。將溶液導過鐵片，則銅質還原成爲金屬銅粉沉澱。硫酸鐵亦能溶於水。將溶液濾淨結晶，可得青礬，爲工業用品。鎳鈷礦及銀礦則先經硫酸化煅法，再經綠化煅法，使成綠化金屬物，以便濕法提煉。綠化鎳鈷，能溶於水。綠化銀則適用於汞引法青化法及亞硫酸鈉溶化法。

### 綠 化 煅 法

礦砂先受低度，煅成硫酸化礦物，再和以鹽 $\text{NaCl}$ 受高熱之煅烘，則變成綠化礦物。硫酸鐵加熱至  $600^{\circ}\text{C}$ 。硫酸銅硫酸銀加熱至  $670^{\circ}-750^{\circ}\text{C}$  則三氧化硫氣放出與鹽之鈉化合，成爲硫酸鈉，而本身則變爲綠化鐵綠化銅綠化銀。其化學式如下。



鎳鈷礦則經過硫酸化煅法之後，須再加入硫化鎳鈷及黃鐵礦砂與鹽混和同煅，放出綠氣及鹽酸氣，始能與鎳鈷化合成爲綠化鎳鈷。其化學式如下。



金礦砂之用綠化法提煉者，如合銅鈣鎂等質，則經過硫酸化煅法之後，再和鹽，加熱再煅使銅鈣鎂等質，盡變爲綠化金屬物，庶金礦受綠化法時，所需之綠氣，不致爲銅鈣鎂所吸收。

## 煇鑛爐之種類 Types of Roasting Furnaces

鑛砂之粗幼，煇烘之久暫，各有不同，故所用之爐亦異。凡由選鑛場選淨之硫化鑛物，通常為半英寸徑以下之幼砂，幼砂層內空隙少，氣體難於透過，在爐內煇烘，鑛層宜薄，通常厚不過數英寸，故宜用反射爐煇烘。反射爐之鑛腔，有長短之分，而撥鑛方法，亦有人力撥撥及機械撥撥之別。凡鑛砂須用透煇法者，將所有硫砒銻鉍碲銻除淨，宜用長爐腔及人力撥撥之反射爐。鑛砂之祇須粗煇法者，將大部份之硫磺及雜質除去，則宜用長爐腔及機械撥撥之反射爐，以求煇量增加。大塊鑛物，鑛層內空隙多，氣體易於透過，層厚六英尺以至三十英尺，皆可煇烘，故可用全身窰，以求節省燃料。但大塊鑛物之易於煇烘者，祇限於硫化銅鐵，或氧化鐵鋅鉛之煇去水份及炭酸氣者。至若硫化鉛銻銻等易鎔之物，則須碾碎至半英寸徑以下，方易於煇成氧化金屬物，故全身窰不適用於煇烘硫化鉛銻銻鑛。惟銻銻鑛之用化煇法者則適用全身窰。硫化鉛銻銻之煇烘，除反射爐外，有適宜於鼓風煇烘者。硫化銅鑛有適宜於旋轉窰煇烘者。硫化鐵鑛之含硫多者則適用自熱爐。硫化銀鑛之需用綠化煇法者亦適用旋轉窰。舊法之鑛堆煇法及圍牆煇法，適用於大塊硫化銅鐵鑛。此皆煇烘之特別方法，不若反射爐及全身窰之較為普通也。茲將各種煇鑛爐，分論如下。

## 煇 鑛 反 射 爐

Reverberatory Roasting Furnace 各種煇鑛爐之中，以反射爐最為通用。凡屬半英寸徑以下之鑛砂，無論為何種鑛物，如金銀銅鐵鉛銻銻等鑛，抑用何法煇烘，如氧化還原硫酸化或煤化等法，皆適用反射爐。而反射爐之中，又分為人力撥鑛 Hand rabbled 及機械撥鑛 Mechanically-rabbed 二種。第九十七圖為人力撥鑛反射爐之平面圖及截面圖。圖內  $\alpha$  為爐腔，鑛砂鋪於其上，厚由二以至六英

寸。*b* 爲火壩，底配爐巴鐵在此燒火，所用之燃料，爲長火鐵之烟煤或乾松柴。爐膛之尾段，有入鑛斗 *g*，鑛砂由此裝入，再用鐵耙撥勻，平鋪於爐膛上。鑛砂在爐膛尾段時，熱度甚低，但由尾段漸撥至頭段時，熱度逐漸增高，及至到放砂孔 *h* 時，熱度已足，煬烘已透，可以放出。放砂孔 *b* 時常用火泥磚蓋，惟放砂時則用鐵耙撥開。孔底有空倉，撥出之鑛砂，可暫放此倉內，或接以鐵斗。爐膛之尾，接以煙巷 *c* 及烟通 *d*，但所隔之鑛砂，如須用凝氣室，收集化煙之金屬氣體者，則烟巷之尾，透入凝氣室，然後至烟通。全爐之頂，蓋以火泥磚築成之爐烘 *e*，拱面蓋以砂層 *f*，保全拱內熱度。火壩與爐膛相隔處，爲火橋 *j*，用上等火泥磚築成，高於爐膛九英寸，高於爐巴鐵十一以至十八英寸。爐拱中央，離火橋面十八英寸。拱之兩邊，離火橋面十二英寸。爐拱由火橋至爐尾，逐漸低下，每十英尺約低二寸，以便火燄反射於爐膛面。爐旁有工作門 *i*，由此撥攪鑛砂。

爐膛之面積，視煬鑛之多少，鑛砂之種類而異。鑛砂由入爐以至於出爐時間，尋常經過二十四小時之久，始能煬透。每平方英尺爐膛面積，能載鑛砂十五磅以至三十磅，因鑛層之厚薄而異。每日夜煬鑛砂一噸，需用爐膛面積六十六以至一百三十三平方英尺。黃鐵鑛及黃銅鑛之煬爐，爐膛較長，通常六十五英尺，因其所含之硫質甚多，可自己發生熱量，此熱量被爐尾之鑛砂吸收，可省燃料。鉛鋅錳等之煬爐，爐膛較短，通常不過四十英尺，因本身發熱量甚少，全靠火壩內燃料之熱力，故毋庸用長爐。爐膛之濶，爲撥鑛器具之長短所限，人工撥鑛爐，兩邊有工作門者，爐膛濶十五英尺爲限，祇一邊有工作門者，爐膛濶八英尺爲限，過乎此則不易工作。工作門之多少，視乎爐膛之長短而異，每長八英尺，須有一工作門。長六十四英尺，濶十五英尺之煬爐，兩邊各有工作門八個。獨錳鑛則祇用一邊有工作門之爐，爐膛濶八尺，以漸減少由工作門侵入之冷空氣。火壩面積與爐膛面積之比，爲一與十以至一與十五之比。含硫少或需透煬之鑛砂，火壩宜大。含硫多或僅需粗煬之鑛砂，火壩較小。每



顯鑛砂，需煤二百以至六百磅。

空氣入爐之路有三。(一)由火壩底之爐巴鐵孔隙侵入。大部份供給燃料焚化，所餘之小部份，被炙熱後，再入於爐腔。凡鑛砂之需用養化燻法者，火壩內之煤層宜薄，以求空氣輸入多。需用還原燻法者，則加厚煤層，減少空氣，使養氣悉與炭化合成爲還原類之炭養氣  $CO$ 。(二)由工作門侵入。但侵入者悉屬冷空氣，不免減低爐內熱度故非撥鑛時間，宜將工作門密閉，以防冷氣侵入太多。(三)由火橋之空隙侵入。此項火橋中空，近爐腔之一邊，開有小孔一行。空氣由爐外入於火橋，被炙熱後，由小孔入於爐腔，於養化進行，甚有功效，但爲空隙體積所限，不能放入太多。養化燻法之空氣，大部份由工作門侵入，氣體恒冷，而由火壩及火橋侵入之熱空氣，祇佔少量。冷氣體吸收熱量多，故人工撥鑛之反射爐，通常比較其他燻鑛爐，耗費燃料較多，因工作門須時常開放也。工作門用生鐵鑄造。爐腔近火壩之頭段，用火泥磚砌成，而尾段則用紅磚砌成。

撥鑛之鑛耙，爲長十英尺之圓鐵條，鑲以四英寸乘八英寸之生鐵片。工作門之底，鑲有圓鐵條作橫枕。鑛耙之柄，藉橫枕作支點，則運用時較爲活動，且免損傷工作門底之磚。凡鑛砂之需用養化燻法者，撥動宜頻，每十五分鐘撥一次，鑛層厚二英寸爲限。需硫酸化燻法者，撥動宜少，鑛層厚六英寸，惟放進空氣較多，熱度較低。還原燻法則防止一切空氣入內，鑛層和炭粉之後，即封密工作門及一切空隙，加厚火壩內之煤層，俟燻透後，即從速撥出裝入鑛斗中。蒸化燻法，則俟硫酸化燻法之後，再和入適量之鹽，關閉工作門，燻十分鐘，便可完成，再從速撥入鑛斗中。

鉛鑛之用鼓風爐熔煉者，宜爲大塊，方不致阻塞風路，故鉛鑛在反射爐燻成鉛養之後，往往再經高熱度之燻烘，使成鉛鈣酸渣滓，鑄結成塊，名爲渣滓燻法。此項反射爐之爐腔，近火橋處之頭段，比較中段尾段約低一英尺，面積亦縮小成圓錐形，使火力專注，熱度增高。鉛鑛砂經燻透後，變成鉛養或硫酸鉛，用耙撥落圓錐，熱度增

高至  $900^{\circ}\text{C}$ ，則鉛養與鑛砂內所含之矽養銻合，成爲鉛矽酸渣滓，然後由鍋旁之工作門耙出於鑛斗中。此圓鍋式之爐膛，名爲渣滓膛 Slagging hearth。渣滓鑄法，需用高熱度，鉛養不氧化煙，而銀質亦有多少化散隨煙而去，故祇適用於成色低之鉛鑛砂。若爲成色高且含銀之鉛鑛砂，則不用渣滓鑄法；而用銻結鑄法 Sintering 將鉛養加熱至車梨紅熱度，約  $750^{\circ}\text{C}$  則銻結，互相黏合成塊狀。將此黏合之鑛砂，撥入鑛斗中，用鐵槌舂實，可得鑛塊，適合於鼓風爐熔煉。

鑛砂之需用透燭法或鉛鑛砂之煨烘，皆以人力撥砂之反射爐爲佳，因其易於節製。透燭法可分爲兩個時期。第一時期，鑛砂由爐膛尾段裝入，撥成極勻而薄之層，令受熱放出水份，及硫酸氣開始放出後，始將鑛砂逐漸移動，撥至爐膛中段。此處熱度不高，面上之鑛砂，受熱變成養化，惟底下之鑛砂則不變，故須依時將鑛砂翻轉，每隔十五分鐘翻轉一次。及至酸硫白煙將已放盡之時，爲第二時期，將鑛砂撥至爐膛頭段，熱度由暗紅而變爲全紅，硫化鑛物，完全養化，硫酸鑛物，亦放出三養化硫氣，而變爲養化鑛物。此時鑛砂須頻頻翻轉，免至面上之砂，受熱過高，銻結成塊，有礙養化作用也。鑛砂停留是間，頻頻翻轉，使完全變成養化，而不含硫酸化金屬物方爲透燭法。鑛砂之是否透燭，可試驗如下。將鑛砂少量取出，浸於水中，攪勻後待其停聚。澆取溶液少許，放入玻璃試管中，加入數滴亞青化鐵鉀  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  溶液，仍爲無色之清液者爲燭烘已透，若變成綠色或藍色液者則燭烘未透。凡鑛砂之需透燭法者，第一時期，鑛砂緩緩移動，按時翻轉，惟在第二時期，則停留不動，但須頻頻翻轉。此項攪動法，惟用人力，乃能任意節製，若用機械攪動，則鑛砂之移動及翻轉，皆有一定之速率，不易增減，合於第一時期者則不合於第二時期也。鉛鑛砂之煨烘，初入爐時，熱度宜低，翻轉宜少，否則銻合成塊，停止養化。及至大部份已成養化及硫酸化後，始撥入熱度高之處，頻頻翻轉，使變成養化，然後銻結成塊，以便鑄煉，凡此動作，惟人力可能，若機械則不能任意加減速率，且因銻結之塊，黏



着於機械之撥齒，甚為不便也。此外鑄鐵鑪之漏烘，以其易於銹結，亦宜用人力撥動為佳。

反射爐之爐拱，全靠兩邊爐牆夾持，不致下墜。而爐身全體，受熱則脹，遇冷則縮，若非有鐵器夾持，則不免因漲縮而漏裂。故爐牆之四圍，須有企置之工字鐵或角鐵，一頭插入地下，一頭突出於爐拱面上數寸，兩頭各貫以螺絲鐵，用螺絲母箍緊，使工字鐵夾持橫置之鐵片，此鐵片復夾持爐牆，不致向外傾卸。此項圍爐鐵器，當於第七章反射爐之建造一節，再詳論之。

### 機 械 撥 鑄 反 射 爐

此項反射爐，以樂氏直線爐 Ropp Straight-line Furnace 最為通用，第九十八圖為其平面形及橫截面形。撥鑄之齒耙，豎立於四輪車上，環繞軌道而行。圖內  $a$  為爐腔，中央有長隙  $b$ ，由爐頭通至爐尾。撥鑄齒耙  $b$ ，行於爐腔面，撥動鑄砂。聯貫齒耙  $h$  及四輪車  $e$  為鋼片  $q$  行於長隙  $b$  內，四輪車  $e$  行於鐵軌  $d$  上。此鐵軌通過爐腔底下之隧道  $c$ ，出於爐外，環繞大輪  $i$  及  $i'$  而行。運行之力，由外力加入輪軸  $j$ ，轉動大輪  $i'$ 。

爐腔之頭尾，有懸掛之鐵門  $kk'$  及  $ll'$  各二度。齒耙出爐頭時，先推開鐵門  $k$ ，然後推開鐵門  $k'$ ，如此，則爐外冷空氣，不致侵入爐內。齒耙入爐尾時，亦先推開鐵門  $l$ ，然後推開鐵門  $l'$ 。齒耙出爐後，所歷時間，與入爐時相同，故能久遇外間空氣而冷却，不致因受熱損壞，此為機械撥鑄之要點。齒耙之裝設在前後兩個鋼管互相背向，如圖中所示。前行之齒耙，將鑄砂撥開，向爐腔兩邊移動。後行之耙齒，將鑄砂撥入，向爐腔中央移動。如此則鑄砂可以翻轉，但不致撥歸一邊，致有厚薄之虞。鑄砂隨齒耙行動，由爐尾逐漸移至爐頭，撥出於鐵門  $k'$  外，由鑄斗  $p$  墜入鑄車  $q$ 。爐尾有自動裝鑄機  $m$ ，將鑄砂送入爐腔。燒火之處為火場  $n$ ，在爐腔之旁，可分設多處，故全爐之長，可增加至一百英尺以至一百八十英尺，亦不虞火微不到。爐尾有煙

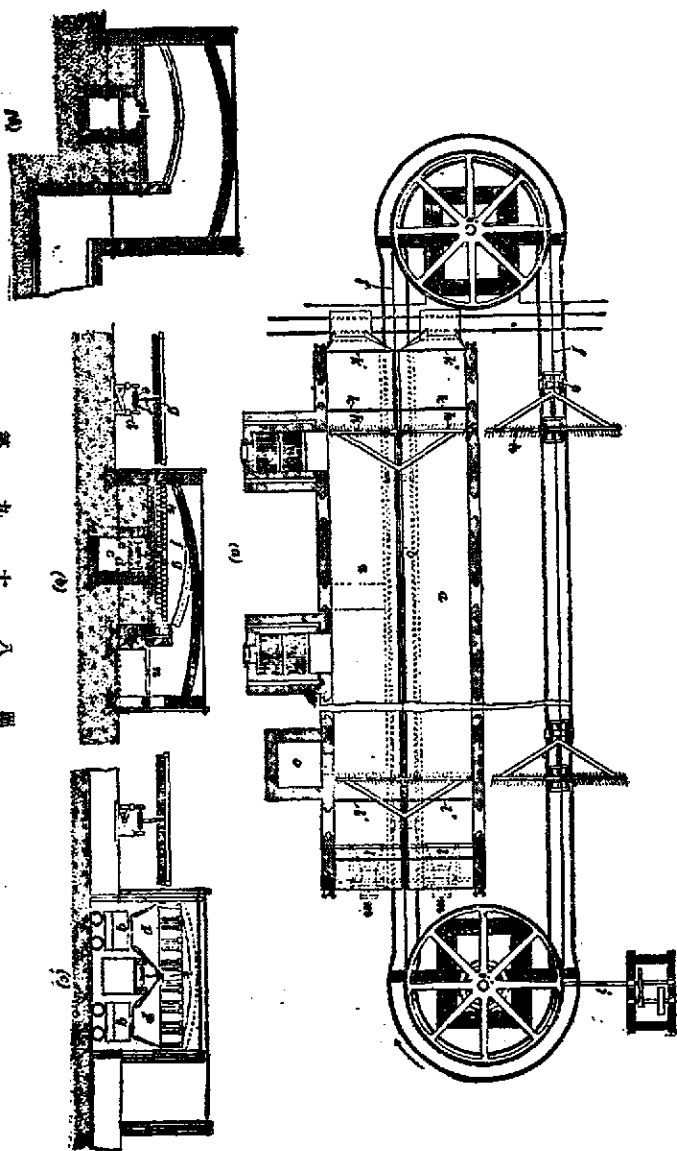


圖 八 十 九 號

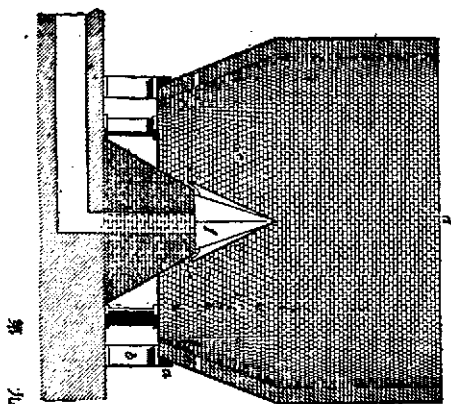
通。爐膛闊十一以至十六英尺。此爐之燬鑛量，比較人力撥鑛爐為大，但其用途，祇限於硫化銅鐵錳砂，不易熔結，且不含砒銻銻碲等有害原質，無須透燬者。

### 企身燬鑛窯

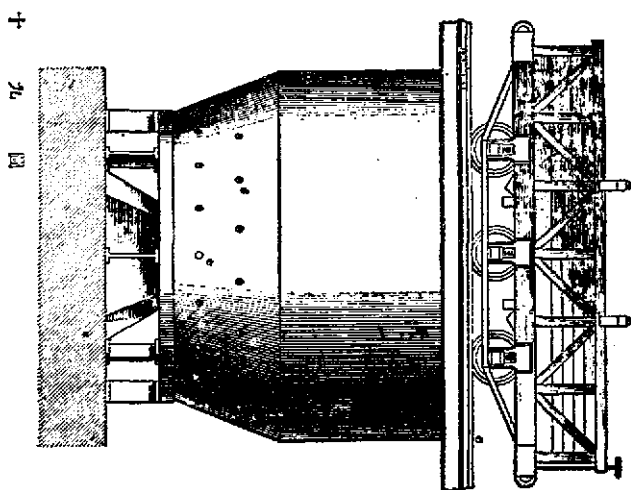
Vertical Roasting kiln 就燬鑛而論，企身窯之用途，遠不及反射爐用途之廣，但因需用燃料人工俱少，故大塊銅鐵鑛物，含硫甚少者，可用企身窯燬成養化銅鐵鑛物。此項企身窯，以遮士窯最為適用。碳酸鑛物及輕養鑛物之需煨去碳酸氣及水份者，亦適用遮士窯。赤鐵鑛之用還原燬法，變成磁鐵鑛，以便電磁選鑛者，則適用外爐生火窯，或煤氣窯。此外若輝錳鑛之煉成三養化錳，輝錳鑛之製造白錳粉，辰砂鑛之煉成水銀，皆先將鑛質蒸化成氣體，然後用凝氣室收集，所用之爐，亦與企身窯相似。惟此三者屬於熔煉範圍，當於下章詳論之。是將祇章企身燬鑛窯，分論如下。

### 遮士窯

Gjers kiln 第九十九圖為遮士窯之剖面形及外面形。窯高十二至三十英尺，上徑大，下徑小，畧成盆形。上徑十至二十四英尺。窯之下部中央，為生鐵鑄成之圓錐 f，承於截錐形之磚座上。此鐵錐及磚座中空，與地下之進風隧道相透，空氣由隧道透入錐內，由錐底四週放出，供給燃料及鑛物養化之用。窯身下部之四週，復有進風孔 e 二行，透入空氣。窯底之四週，承於生鐵環 a 上，此生鐵環 a 復承於鐵柱 b 上。此窯為漏底式，鐵環 a 及磚座之間，並無固定之底，已燬之鑛塊，堆積於磚座外及鐵柱 b 之間，可隨時把出。初燬時，先在窯底用木炭及煤生火，然後由窯口 d 倒落鑛塊，每百斤鑛和三斤以至五斤煤，以供發熱之用。煤及鑛塊，逐漸向下墜落，吸收已熱之空氣而起養化及養化作用。窯底為已燬之鑛塊所堆積，空氣之一部份，經過熱鑛塊，吸收熱量，上升至窯內，供給燃料及鑛塊養化。別一部份之空氣，則由生鐵錐 f 之底，及旁孔 e 透入窯內。窯身用火泥磚建



第九圖

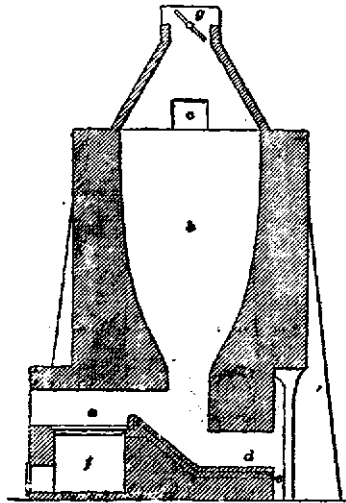


第十圖

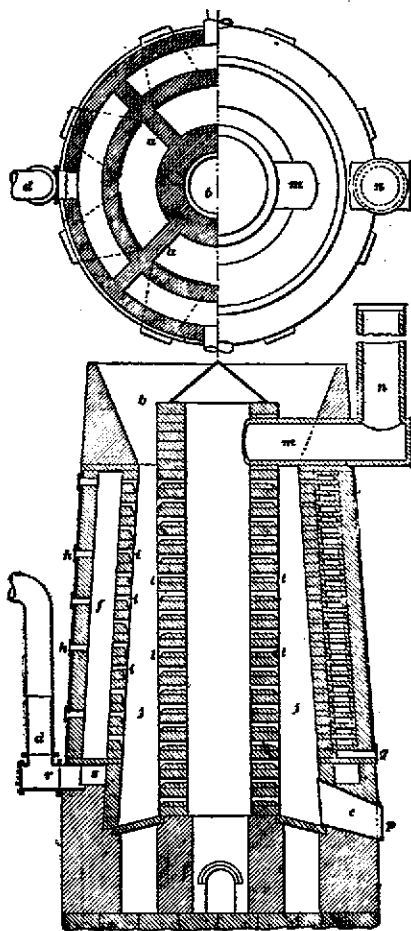
築，外圍用鐵片箍緊。塞口有鐵軌 c，鑄車行於其上，以便裝鑪。此鑪適用於含硫不多之大塊銅鐵鑪物，可以煬成養化。炭酸鑪，炭酸鋅，錳鐵鑪等，亦可可用此鑪煬去炭酸氣及水份。

### 外爐生火鑪

Exterior fire-grated kiln 凡鑪石之不便與炭灰混和，如炭酸鋅之煬成鋅養，或養化鑪物之需用還原煬法者，可用外爐生火鑪。第一百圖爲此鑪之剖面形。圖內 a 爲火場配以爐巴鐵及灰室 f。發生之火餘，入於鑪室 b，供給煬烘之熱度。鑪塊由室頂旁孔 c 裝入，載滿室內。已煬之鑪，由室底橫巷 d 把出。空氣經過熱鑪，吸收熱量，由風巷 e 入於灰室 f。穿過爐巴鐵，入於火場 a 供給燃料煬化。鑪頂有出煙門 g 可以啓閉，以便節制煬化之遲速。



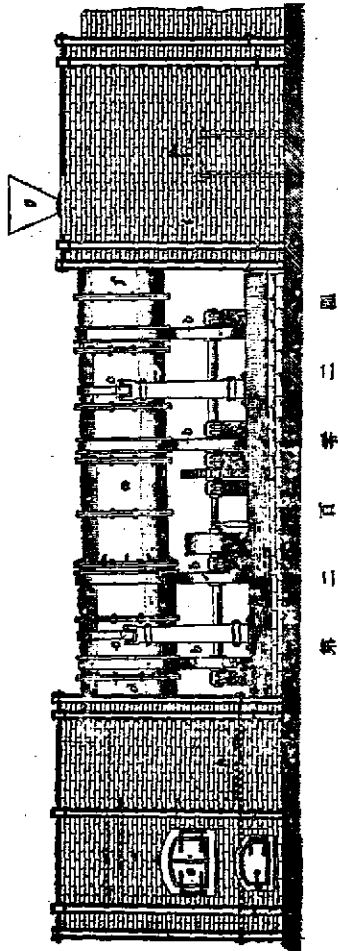
第一百圖



第一頁零一圖

代肥氏煤氣窯

Davis Colby Gas-firing kiln 此窯用煤氣作燃料，最適用於還原法，如赤鐵礦之煨成磁鐵礦，以便電磁選礦。第一百零一圖，爲此窯之平截面形及直剖面形。全體爲圓柱式之窯，內分三室，中央爲煙道，其外環以載礦室 *j*，再其外環以煤氣燃燒室 *f*。載礦室及煤氣燃燒室，復用直牆 *a* 分爲四部，每部不相通連，以便火箴可敷佈於各部之窯塊內。煤氣由讓喉 *d* 及 *r* 入於環形室 *S*，由此上升入於燃燒室 *f*。空氣由旁孔 *h* 入內，與煤氣混和，起焚化作用。發生之火箴，由橫孔 *i*，入於載礦室 *j*，礦質受熱燒紅。焚除之氣體，由橫孔 *l* 入於中央之煙道，上升至烟喉 *m* 出於烟通 *n*。礦室 *j* 上狹而下面，使礦塊易於墜落。礦塊由塞口 *b* 放入，煨完之後，礦由橫巷 *c* 耙出。巷口有門 *p* 關閉，以防冷氣入內。



## 旋轉臥筒窯

Revolving Roasting Cylinders 凡鑛物祇需粗煬法，除去一部份硫磺，如黃鐵礦之變為磁黃鐵礦，黃銅礦之變為高銅礦，可用旋轉臥筒窯煬烘。裝入之鑛塊，以一英寸徑以下，半分徑以上為最合宜，如為幼砂，則鑛塵之飛散甚多，宜設聚塵室收集。常用之旋轉臥筒窯有二種（一）為連接出鑛者，名為后威氏旋轉窯，（二）為間續出鑛者，名為布碌氏旋轉窯，茲分別論之如下。

### 后威氏旋轉臥筒窯

Howell-White Roasting Cylinder 第一百零二圖為此窯之全形。圖內  $a$  為斜臥之鐵筒，筒頭與火壩  $e$  相連，火燄由此射入，筒尾與聚塵室  $i$  相連，火烟由此出於烟通。筒身頭段之徑，較尾段為大，頭段近火壩處，用火泥磚作襯墊，尾段則不用襯墊。內徑頭尾等大，鑲以直置之突脊多條，筒身旋轉，突脊攔截鑛砂，使隨筒身旋至一定之高度，再復墜下，如此則鑛砂與空氣之接觸機會多，易於氧化。筒之外週，鑲以鐵滾四個，承於旋轉軸  $b$ ，外力由齒輪加入，令  $b$  軸旋轉，則筒身隨之旋轉。筒身兩旁，有引導軸  $c$  二個夾持，使筒身不致偏向左右。筒長二十以至三十英尺，內徑二·五以至五英尺。筒身斜臥，筒頭低於筒尾，鑛砂由筒尾裝鑛斗  $g$  放入，隨筒旋轉，逐漸走至筒頭，墜落於鑛倉  $h$  中。此窯之運用，與製土敏土之旋轉窯相同，鑛砂由筒尾放入，由筒頭洩出，循環不已，煬鑛量甚多，惟在爐內時間甚短，故祇適用於鑛塊之用粗煬法或幼砂之用綠化煬法者。

### 布碌氏旋轉臥筒窯

Brückner Roasting Cylinder 第一百零三圖為此窯之全形。圖內為旋轉鐵筒，兩頭收束，作截錐形，筒內以火泥磚作襯墊。筒上有入鑛門  $g$ ，筒下有出鑛門  $g'$  各二個。鑛砂由裝鑛斗  $h$  裝入筒內。筒長十



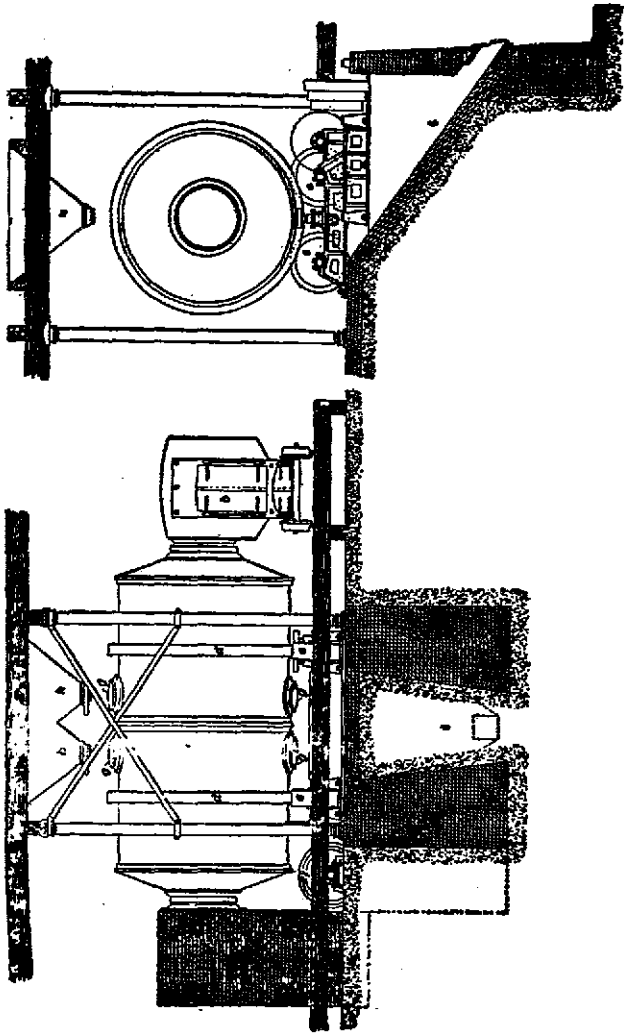
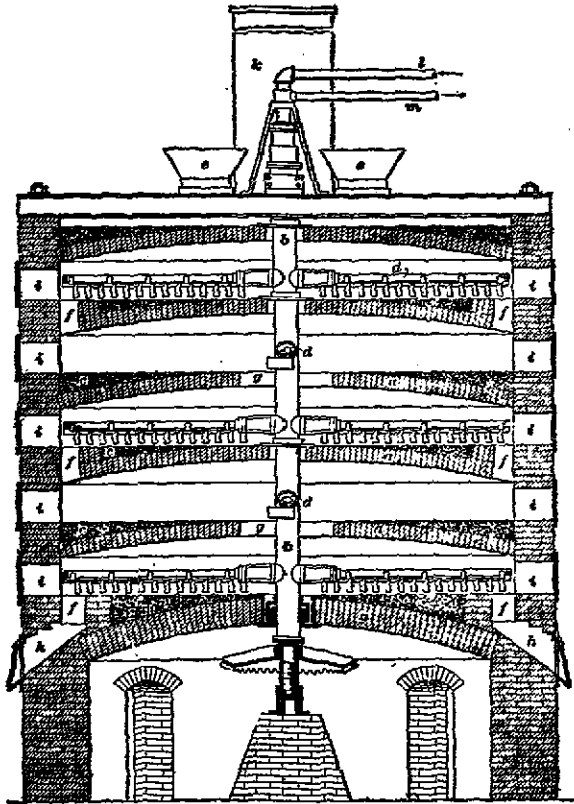


圖 100 第一號

二英尺徑六英尺者，每次裝鑛三噸，長二十六英尺半，徑八英尺半者，每次可裝鑛二十噸。裝鑛後，將入鑛門封閉，然後在火竈 b 內生火，火焰射入筒內，火焰由聚塵室 c 入於烟通。筒之外週有鐵環 d 二個，承於旋轉軸 e 上，e 軸旋轉，則筒身隨之旋轉，鑛砂藉此升高墜下，與空氣相遇，起養化作用。鑛砂燒紅後，如所含之硫質，成份甚高，則硫質受養化焚燒，發生熱度，已足供燭烘之用，附設之火竈 b，可以移去，毋容添煤生火。燭烘時間，由三小時以至四十八小時，因鑛質之粗幼，含硫之多少，燭烘之粗透而異，燭烘完畢之後，停止旋轉，開放出鑛門 g，令鑛砂墜落於鑛倉 i。此密最通用於燭烘黃鐵鑛及黃銅鑛，鑛塊徑一英寸以下者皆可燭烘。鉛鑛幼砂，從前亦恒用此種密燭烘，但以其易熔，往往黏結成塊，燭烘不透，故現今鉛鑛幼砂，通常用鼓風法燭烘，此法當於下文詳論之。

### 自熱燭鑛爐

Self-heating Roasting Furnace 含硫豐富之黃鐵鑛黃銅鑛砂，受熱後，所含之硫質與空氣中之養氣化合，起養化作用，發生之熱度，已足完成燭烘之工作，無須藉燃料生火，故可用自熱燭鑛爐燭烘。此項燭鑛爐最通用者為寬多高燭鑛爐 Mac Dougall Furnace。第一百零四圖為此爐之剖面形。爐身為圓柱式，內有鑛腔六層。鑛砂由爐頂裝鑛斗 e 墜落於第一層爐腔，被旋轉撥攪動，向中央之圓孔移動，由此墜落於第二層爐腔。在第二層之旋轉撥，將鑛砂撥開，向爐腔之週邊移動，由週邊之孔 f，墜落於第三層爐腔。由此復被旋轉撥攪動，向中央圓孔 g 墜落於第四層爐腔。再由週邊孔 f 落於第五層。由第五層之中央孔 g 落於第六層，由此撥向週邊孔 f，從出鑛門 b 放出。爐中央有旋轉軸 h，在每層爐腔上，各配以十字臂 d，臂下鑲以鐵片作撥齒。但欲冷却撥齒，便不致因受熱損壞，故旋轉軸及十字臂皆以雙層厚鐵管製成。冷水由中央管 i 入內，由此分枝，入於十字臂之內管，噴出於十字臂之外管，復滙流入於旋轉軸 b 之外



第一四零號圖

管，由管  $m$  流出。

此爐未裝鑛砂之前，先在最下之層，用柴薪生火，將爐內磚牆及爐膛燒熱，然後由爐頂陸續裝入鑛砂，及至鑛砂已起於燒之後，則毋慮再添柴火。入爐鑛砂約含硫百份之三十五，出爐鑛砂含硫百份之七。黃鐵鑛及黃銅鑛之鐵，變為氧化鐵，而銅則變為高銅硫  $Cu_2S$ 。

空氣由爐旁之孔 i 放入，火焰向週邊孔 f 及中央孔 g 上升至爐頂烟突 k 放出，再導入於聚塵室中。飛出之鑛塵比較其他煏鑛爐為少，煏鑛費用亦最廉。此爐為美國了里氏麥麻公司 Allis Chalmers 所製，爐外週圍以鋼片，內鑪火泥磚厚九英寸。高十八英尺三英寸，徑十八英尺之爐，內有爐膛面積共計一千六百平方英尺，每日夜二十四小時，可煏黃鐵鑛黃銅鑛砂六十五噸。齒撥每七十五秒鐘，旋轉一週，需用馬力二匹。

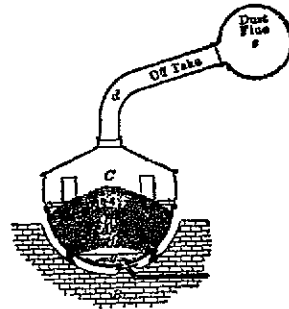
### 鼓風煏鑛法

Blast-roasting 鼓風煏鑛之養化作用，與尋常煏鑛相同，惟鑛物處風力之下，養化進行甚速，發生大熱。凡金屬物及硫磺，與養氣化合，皆能發生熱量，而以金屬物所發生為尤大，茲將鐵鉛鋅銅錫銻砒與養氣化合所發生之熱量開列如下。FeO=65,700 PbO=50,800. ZnO=84,800 Cu<sub>2</sub>O=43,800. Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=166,900 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=139,200. As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=156,400, SO<sub>2</sub>=69,260 calories 但養化作用，須在引火熱度，kindling temperature 方能開始。如將鑛砂裝入不透熱之爐內，加熱至引火熱度，然後繼續加入鑛砂，並鼓入空氣，則鑛砂起養化作用，發生大熱，能使已成之養化金屬物熔結成塊或蒸化或氣體，養化鐵銅鉛鋅，可以熔結成塊，養化錫銻砒則易變成氣體，鼓風煏鑛之原理，即基於此。初發明之鼓風煏鑛，為亨廷屯氏鼓風煏鑛釜，用於煏煉輝鉛鑛，使變成鉛養，並能發生熱度，熔結成塊。現今鼓風煏鑛，不祇用於鉛鑛，且用於鋅鑛鐵鑛之煏煉及熔結，錫鑛銻鑛之蒸化及凝集，而所用爐機，款式亦多，然大致不外間窺煏法及連接煏法二種，茲分別論之如下。

### 亨廷屯鼓風煏鑛釜

Huntington-Heberlein Blast-roasting pot 此為間窺煏鑛爐機之一。第一百零五圖為此爐之全形。圖內 A 為生鐵鑛成之半圓球形釜。c

爲釜蓋。d 爲烟道。e 爲聚塵卷。  
釜底有傘形生鐵片 f，遍穿小孔，  
孔徑  $\frac{3}{8}$  英寸，空氣由小孔穿上  
於鑛砂內。其下有橫隔片 g 使  
空氣勻佈於釜底。壓縮空氣，由  
釜底之鐵管輸入，壓力每平方  
英寸半磅。釜徑八英尺半，深四  
英尺，可裝鑛砂十噸。此釜最用  
於適揮鉛鑛之養化焗法，及鎔  
結成塊。鑛砂先經壓碎至八目

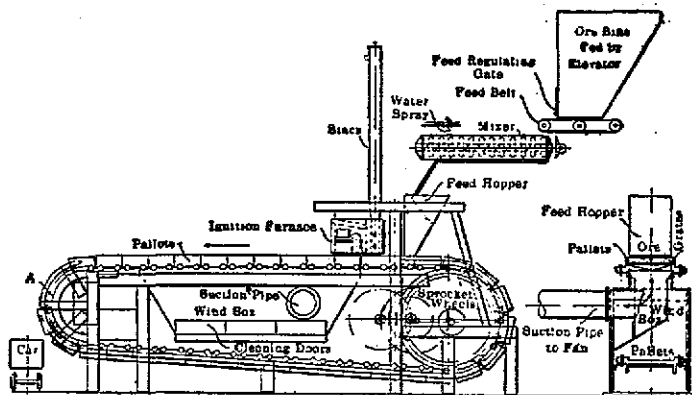


第一百零五圖

以下，並經過粗焗法，除去一部份硫磺，令鑛砂含硫不過百份之十二以至十四，然後微濕以水，每百份鑛砂洒水六份。釜內穿孔片上，先蓋一層粗砂，其上再裝入一噸重之熟鑛砂，新從焗鑛爐中取出者，再其上裝入八噸重之生鑛砂，加蓋後，鼓風入內，鑛砂即起焚燒作用。鼓風約十六小時之久，焗爐已完，鑛砂熔結成塊，含硫不過百份之三以至五。此時可將鑛塊傾出，冷後擊碎，適合於鼓風爐鎔煉。

### 地威奈吸煙焗鑛斗

Dwight-Lloyd Chain-pallet Roasting Machine 此爲連接焗鑛爐機之一。鑛砂焚燒之作用，與吾人用烟斗吸烟相同。鑛砂載於穿孔斗內，引火燃着鑛砂面上，而斗底則用吸氣機吸去焚燒之烟。空氣由斗面穿鑛砂而入斗內，起焚化作用，能發大熱，鑛砂可鎔結成塊。第一百零六圖爲此機之全形，鑛砂先經混和器，微濕以水，每百份鑛砂和水五份至十份，然後由裝鑛斗墜落焗鑛斗內。焗鑛斗爲長方形，長十八英寸，闊三十英寸，內深四英寸，底配穿孔片。斗底週邊之面削平，恰與吸烟箱之平面貼合，使不漏氣。斗兩旁有四輪，行於鐵軌上，並有鍊引夾持，使不至離軌。惟焗鑛斗行至吸烟箱面時，則不行於鐵軌上，而斗底依貼箱面而行，接斗之頂片，復依貼前斗之尾片，



第 一 百 零 六 圖

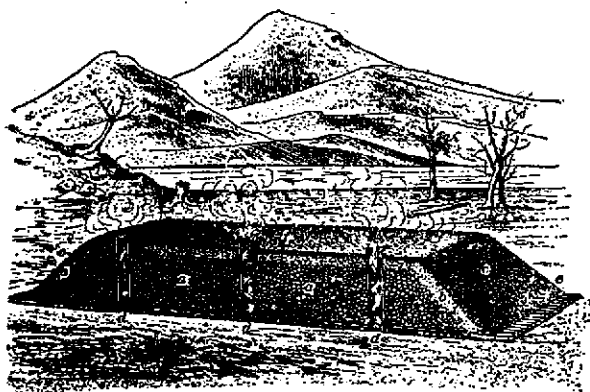
如此，恰與吸烟箱通連，成爲不漏氣之烟道，鑛烟可由斗內吸至吸烟箱，復由箱旁之吸氣管吸出。吸氣管與離心力吸氣機相連，每平方英寸吸力〇·三五磅。吸烟箱長十二英尺六英寸，闊三十英寸，共有吸氣面積三一·二五平方英尺。獨鑛斗首尾銜接相連，由齒輪撥動斗旁輪軸，上升，經過裝鑛斗，裝滿鑛砂。再經過旋轉軸，將斗面鑛砂壓平，使鑛砂在斗內勻厚四英寸。然後經過引火爐，鑛砂面上着火，全時獨鑛斗已行至吸烟箱面，焚化之烟，由斗底吸去。獨鑛斗每分鐘行二十至三十英寸，由吸烟箱頭行至吸烟箱尾，歷時五分以至七分半鐘，斗內鑛砂獨烘已完，且受大熱鑛結成塊再行至半圓形軌道上，斗旁輪軸循鐵引及鐵軌上升半英寸，使鑛塊脫離斗底。復爲後來之獨鑛斗所推，前行之斗，循軌道自由墜下，並與軌道下之獨鑛斗撞擊。此震動力，能令斗內鑛塊震脫，而墜落於承接鑛車中，如圖中所示。獨鑛斗既至軌道下，復爲後來獨鑛斗之壓力所逼壓，循軌道而復回至旋轉齒輪之下，輪軸被輪齒撥起，再復上升。獨鑛斗每重五百五十磅，全機連獨鑛斗及鐵架齒輪軌道共重十六噸。火引爐用煤或煤氣或燃油作燃料俱可，但火條必須向下，射落鑛砂

面。圖內所示為燒煤之引火爐，火壩面積，十乘三十英寸。每日夜二十四小時燒煤五百磅。火燄離火橋後，為懸掛之磚簾所隔，火燄向下，射落簾砂面，復回至鄰室，被烟突吸去火烟。此磚簾藉機械運動，可以升降，以便節製火燄之高低。此機每日夜二十四小時，可煅鑛三十噸以至四十噸。所煅之鑛砂，以輝鉛鑛砂為最適用，鑛砂合鉛 20—30% 硫 11—15% 矽 養  $\text{SiO}_2$  10—16%。鐵鑛爐聚塵室所收集之鐵鑛塵，亦可用此機熔成結塊，以便鼓風爐熔煉。每百份鐵鑛塵和炭粉八份，可以熔結。此機熔成之鑛塊質堅而多孔，較坩鑛釜所熔成之鑛塊質地堅密者為易熔。且鑛塊毋須再用人工擊碎，便可入爐，出鑛循環不已，產量增加，此為勝於坩鑛釜之優點。

鼓風坩鑛法，除以上二種爐機外，如鋅鑛之用巴力氏方法 Bartlett Process 蒸化成白鋅粉，錫鑛之用赫倫氏密特 Herrenschnidt 方法蒸化成錫烟，其理亦與鼓風坩法相同，但此屬於熔煉範圍，當於下章錫鑛之熔煉及鋅鑛之熔煉，再詳論之。

## 鑛 堆 煅 法

Heap Roasting 大塊黃鐵鑛黃銅鑛含硫豐富者，以鑛堆煅法為最廉，但因其需時太久，每一鑛堆，需時二月以至四月始能煅透，發生之硫酸氣，有害附近植物，倘逢雨水，淋濕鑛堆，溶去硫酸銅，損失亦多，故現今鑛堆煅法已極少用。現在大塊黃鐵鑛，多用以製硫酸，黃銅鑛則直接用鼓風爐熔煉，無須經過煅烘手續，鉛鑛則因其易於熔結，鋅鑛則因含硫少，亦不適用於鑛堆煅法。但若在新開闢之地，人烟稀疏，而鑛廠又屬於初開辦時期，未能建築坩爐者，則以鑛堆煅法為費用最廉。第一百零七圖為鑛堆煅法之全形。鑛堆之廣潤，可因鑛量之多少而異，惟高度則有限制，合硫 10—12% 之鑛塊，鑛堆高約七英尺，合硫 33% 之鑛塊，鑛堆最高五英尺，若過高則焚燒過速，鑛塊熔結，停止氧化也。鑛塊最大者以三英寸徑為限。未起鑛堆以前，先擇一適宜之地，易於排洩潦水者，四邊圍以溝渠，以便剝



第一百零七

水。若雨水過多，則宜用鋅片作上蓋。地面之鬆土，鏟除淨盡，然後鋪以碎石，蓋以幼砂及壓青，用轆壓實。乃在此地上，用柴薪排列成層累，共厚十二以至十八英寸。每離十英尺丁方，各留縱橫烟道，闊六英寸。此烟道暫用樹枝及乾土填塞，以便引火。柴薪層之四週，突出於鑛堆底外一英尺，如圖中所示。近柴薪面上之一層為最大之鑛塊，徑一·七五以至三英寸，如圖中 a。其上一層為粗鑛塊，徑三分之一以至一·七五英寸，如圖中 b。十字烟道之中央，各用木板作臨時烟突 d，以便發火時，火烟易於流通。鑛塊四週外牆，上截用鑛砂遮蓋如圖中 c。鑛砂徑三分以下，此項幼鑛砂，遮蓋鑛塊孔隙，使火烟循堆頂上升，不至溢出於四圍。起火時，在鑛堆之四週引火，火後逐漸燒至鑛堆中央，此時可將鑛堆外週之下截用幼鑛砂遮蓋，如圖中 e，以防空氣輸入太速，熱度過高也。鑛堆全體焚燒後，堆面亦用幼鑛砂遮蓋，如圖中 f，以節制氣體流通，勿令熱度太高。堆面各處所出之烟宜平勻，勿令此種彼密，以防熱度不勻，若一處出烟太多，則宜從速將幼鑛砂封蓋，如堆面有裂紋，亦宜用幼鑛砂封蓋，如此則堆內各處氣體流動速率平均，熱度相同，鑛塊可以煨透也。鑛堆著



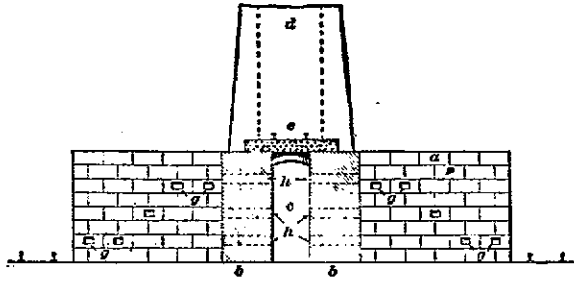
火後，日夜用人工看守，以便加入鑛砂，封蓋出煙太多之部份。鑛堆之上，宜架吊橋及車道，以便鑛車往來，鑛砂易於敷佈。鑛堆之煬透，需時二月以至四月，煬後鑛塊含硫 5%。每噸煬烘費，通常不過一元。

## 圍牆煬法

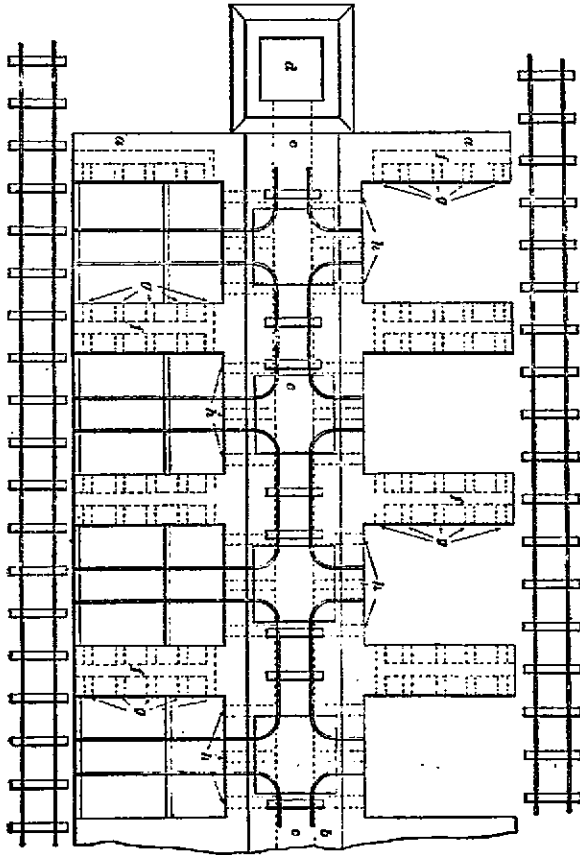
Stall Roasting 圍牆煬法與鑛堆煬法不同之點，在乎鑛堆之四週，有牆圍繞，而火煙則由公共煙巷透出於煙突，硫酸氣可高放於空中，不致損害植物。且火力在牆內保全，需用燃料較少，煬鑛時間亦較短。惟圍牆建築，需用材料及人工，故煬鑛費畧比鑛堆煬法為昂。第一百零八圖為圍牆之平面形及橫截面形。公共煙巷之兩旁，有室四間，室內面積六英尺半乘八英尺。室有旁牆 a 及後牆 b 皆為固定之牆，各厚二英尺六寸，高六英尺。其前牆則屬臨時建築，鑛塊裝入室內時，始陸續砌起，鑛塊煬妥後則拆開，以便鑛去室內之鑛塊。鑛塊亦祇限於三英寸徑以下之黃鐵鑛或黃銅鑛。鑛車裝鑛塊行於公共煙巷 c 上之鐵軌 e，由此轉橫入於室頂之鐵軌，將鑛塊倒入於室中。室內柴薪及鑛塊之裝置，亦與鑛堆煬法相同，柴薪在下層，粗鑛在中層，幼鑛在上層，但室頂再蓋以鐵板或磚拱，使火煙全由公共煙巷而出。空氣之一部份由鑛堆底入內，一部份由旁牆 a 之氣道 f 穿過孔 g 而入室內。火煙由後牆 b 之孔 h，出於煙巷 c，再放出於煙突 d。每室可裝鑛二十噸，需時十日，可以煬完。每室每日祇煬鑛二噸，若為大規模之煉廠，則需用煬鑛室多間，方能供給煬鑛之用。鑛堆煬法，鑛堆面積二十乘四十英尺，高六英尺，裝鑛二百四十噸，需時八十日煬完，每日祇煬鑛三噸。以面積比較，則圍牆煬鑛量比較鑛堆為多。

## 煬鑛爐之效能

Efficiency of some Roasting Furnaces 各種煬鑛爐之煬鑛能率，互相比較，孰大孰小，此為亟應知之問題也。地威氏 Dwight 曾將各



第一百零八圖



種煅鑛爐每平方英尺爐膛面積每日夜二十四小時內，能煅鑛若干磅，列表如下。

第十九表 煅鑛爐能率表

煅鑛爐之種類	每平方英尺爐膛面積	
	每日夜煅鑛磅數	
{ 鑛石之種類及 煅烘之粗透 }	{ 煅得之鑛對於鼓 風爐鎔煉情形 }	
	鑛堆煅法及圍牆煅法	五至二十磅
大塊硫化銅鐵鑛萎化煅法	合宜	
人力撥鑛反射爐	二十四至三十五磅	
幼鑛砂之透煅及鎔結煅法	合宜	
機械撥鑛反射爐	三十五至七十五磅	
幼鑛砂之粗煅法	合幼粉太多	
旋轉煅鑛室	一百二十八磅	
銅鐵鑛小塊及幼砂之粗煅	合幼粉太多	
鼓風煅鑛釜	五百以至九百磅	
鉛鋅鑛砂之鎔結煅法	最合宜	
地威奈吸煙煅鑛斗	二千以至三千磅	
鉛鋅鐵鑛砂之鎔結煅法	最合宜	

### 煅鑛氣體及鑛塵之處理

#### Disposal of Roasting Gases and Flue-dust

煅鑛爐所發生之氣體，除水蒸氣炭酸氣淡氣而外，更有硫酸氣，萎化砒礆銻錒鉛鋅等氣體。若用綠化煅法，則有綠氣矽酸氣及綠化金屬氣體。所發生之鑛塵，為幼鑛粉及煤塵，由煙巷飛出。鑛塵可收集於聚塵室中，而氣體則用凝氣室方能收集。

硫酸氣體，最有害於植物，但若每百份氣體含硫酸氣四份  $SO_2 4\%$ ，

則可用以製硫酸。凡自熱鑛爐爐，旋轉以筒室，及鼓風鑛爐爐機，利用鑛砂本身之硫，以作燃料者，所發生之氣體通常含硫酸氣甚多，可用士葛度方法 Schmiedel process 製硫酸。此法所用之鉛片室不大，購置費不昂。室潤四英尺，長六英尺，高三英尺半。室底有盤載硫酸。硫酸氣體從室旁放入，經過橫隔板，折而向下，與室頂噴下之硝酸霧相遇，變為三氧化硫氣  $\text{SO}_3$ 。再與旋轉器所攪動之水點相遇，成為硫酸，聚於室底之盤內。所餘之三氧化硫氣，再入於基拉錫塔中 Gay-Lussac Towers，遇水凝集，與尋常製硫酸法相同。

氣體若含硫酸氣百份之二  $2\% \text{SO}_2$  以下，則不能用以製硫酸，惟與石灰水 Milk of Lime 相接觸，能變成亞硫酸鈣  $\text{CaSO}_3$  之沉澱粉。此沉澱粉取出，露置空氣中，與氧氣化合，成為硫酸鈣，可用以製石膏及肥田料。凡氣體含硫酸氣百份之一以上者，可用此法，製成硫酸鈣  $\text{CaSO}_4$  製法，將氣體導至高塔中，塔頂有噴水器，噴射石灰水，成霧而下，與硫酸氣相遇，成為亞硫酸鈣。此水流至塔底，聚於池中，停積後，可得亞硫酸鈣沉澱粉。此塔通常用數個相連，氣體由塔底入內，由塔頂折而下，入於鄰塔，及至最後之塔，則用離心力風扇吸出。

氣體內若含硫酸氣過少，不適用於製硫酸鈣，或附近無市場可銷售硫酸鈣，則氣體通常由高煙道放出，與多量空氣混和，然後墜下，則不復損害植物。空氣每千份祇含硫酸氣一份，則不致有害植物。

綠化法所放出之綠氣及鹽酸氣，不能照上法與空氣淡和，變為無害之氣體，因此氣善於墜落，侵入地中，成為綠化液或鹽酸，有損植物之根也。綠化金屬氣體如綠化銀，綠化銅等，亦須設法凝集，以便得回可貴之金屬物。此項凝氣室通常用不畏酸侵之高塔，其上淋以水點，中間隔以數層焦炭，以便將綠氣鹽酸氣收集於水中，成為有用之綠氣水及鹽酸水，而綠化金屬氣體亦遇冷凝結成粉，粘於焦炭層之底，復被水淋，沖落於塔底之池中。塔之小者，可用徑三十六英寸之瓦筒，外塗瓷油，其大者則用瓷油磚砌成。通常二塔相連，用吸風機吸去殘餘氣體。

養化砒礦砂之中，以養化錒為價值最昂，但此礦不常有。養化砒亦為化學工業用品，而養化錒則無用途。養化錒銻鉛等之氣體，凝集後，成為幼粉，可再在反射爐熔成金屬品。凡此氣體可用凝氣室收集。凝氣室之建築，有用鐵片者，有用磚砌者，亦有用三合土者。長由數百尺以至數千尺。凝集之法，有用自然凝集法，有用水淋法，有用布袋濾隔，有用電氣收聚。各項方法甚多，詳見第七章礦塵之收集及礦氣之凝結。

收集礦塵所用之提塵器聚塵室及聚塵卷等，亦詳見第七章。所收集之礦塵，如為鐵礦，通常棄不復用，但如為大規模之煉廠，鐵礦塵收入亦不少，可用地威奈吸煙筒錒斗箒結成塊，以便再加入鼓風爐熔煉。銅鉛銻銻之礦塵，可再在反射爐熔成金屬物。鋅礦塵可用鼓風爐錒箒或吸煙筒錒斗箒結成塊，再入蒸餾所蒸煉。礦塵和以適量之石灰水，可粘結成塊，用壓餅機 Briquetting Press 壓成小塊，可適合於鼓風爐熔煉。凡煉廠內無反射爐者，對於礦塵及養化金屬幼粉之處理，不能不用壓餅法以便鼓風爐熔煉，但如有反射爐，則無需此也。

## 第六章 金銀鑛提煉法

## Extraction of Gold and Silver from Ores

一九二五至一九二九年，凡五年間，全世界產金額每年平均一千九百萬安士，產銀額每年平均二萬五千萬安士，每安士約合中國八錢二分二厘餘。以地方而論，產金之地，以南非洲之杜蘭斯哇 Transvaal 為最多，佔全世界產額百份之五十以上。（查杜蘭斯哇於一九〇〇年，被英國盡全力征服，現在該處金鑛，大半屬英國人投資。）北美洲次之，佔全世界產額百份之二十八。英屬澳大利亞洲又次之。產銀之地，以墨西哥為最多，佔全世界產額百份之四十以上。美國次之，加拿大又次之。以鑛床種類而論，產金之鑛床，沖積層佔百份之二十五。含金石英黃鐵鑛及碲化金鑛苗，佔百份之六十六。含金銅鉛鑛及其他鑛苗，佔百份之九。產銀之鑛床，含銀石英及硫化鑛苗佔百份之四十。銀鉛鑛苗，佔百份之二十八。銀銅鑛苗佔百份之二十。鉛鋅鑛苗，佔百份之一十。其他鑛床佔百份之二。現在歐美各國，對於金銀鑛之開採，已達全盛時代，後此恐難為繼。惟中國開採金銀，尚墨守數千年來之舊法，採金祇限於沖積層，採銀祇限於銀鉛鑛，故每年產額，不及全世界產額五百份之一。至於石英黃鐵鑛黃銅鑛及各種硫化鑛苗之合金銀者，尙未能開採提煉，實則此項鑛苗，中國內地所在多有，祇因智識未開，大局未定，交通未便，機器未能運入，以致貨棄於地耳。茲將北平地質調查所前數年所印行之中國鑛產誌畧，及著者在粵桂調查所得之金銀鑛苗化驗成色，與歐美各著名金銀鑛苗成色比較，列表於下。

第二十表 中外金銀鑛苗成色表

國名	地方名	鑛床種類
鑛物及岩石	每噸合金銀量	提煉費以 (每噸) 美金元計

中 國	山東招遠玲壠山	石英脈
黃鐵礦黃銅礦	金七錢七分	元·角分
	山東沂水紅石橋	礫岩砂金
河底堅岩	金四錢至三兩	
	遼寧海龍香爐營	石英脈
黃鐵礦	金五錢	
	黑龍江渡河老溝	河底砂金
綠泥片岩	金五分	
	新疆塔城哈圖山	瀚海層礫岩
片麻岩花崗岩	金一兩三錢	
	四川冕甯麻哈	石英脈
赤鐵礦鐵頭	未詳	
	廣東增城帽峯山	石英脈
黃鐵礦	金四錢銀八兩	
	廣西貴縣三岔山	石英脈
黃銅礦	金四錢銀七十四兩	
	廣西南甯蒲廟附近	方解石脈
黃鐵礦	金痕跡銀二十三兩	
	熱河平泉	方解石脈
方鉛礦	銀一百至三百兩	
	廣東鬱南連城洞	石英脈
方鉛礦	銀八十兩	
美 國	加利克尼省 Grass Valley	石英脈
黃鐵礦	金〇·五至〇·七安士	〇·八九
	修乎的高打省黑山 Black Hill	石英岩
黃鐵礦	金〇·一至〇·二安士	〇·六六
	卞路拉度省 Cripple Creek	石英脈
黃鐵礦碲化金	金一·至二·安士	一·二四

	力華打省 Tonopah	石英脈
黃鐵鑛硫化銀	金○·二安士·銀十二安士	三·二○
墨西哥國	柏朱架 Pachuca	石英脈
黃鐵鑛硫化銀	金○·○八安士·銀十八安士	一·九三
加拿大	鈹波盧省 Nipissing	選淨鑛砂
鈹鑛鑛自然銀	銀二千五百安士	二八·五○
	鈹波盧省 Nipissing	尋常鑛砂
鈹鑛鑛硫化銀	銀三十安士	三·五○
西澳大利亞洲 Victorious		石英脈
鐵質磁土質	平均值美金七元	一·一○
南非洲杜蘭斯哇 Rand		石英礫岩
黃鐵鑛礫岩	平均值美金十六元	一·○八

右表所列，每噸以二千磅計算。積二萬九千一百六十六安士為一噸，如每噸礫石合金一安士，即二萬九千一百六十六份鑛石，合金一份也。中國十二兩等於一磅，由此計算，每安士等於中國八錢二分二厘八毫餘。每安士純金，值美金二十元六角七分。每噸等於中國一千五百斤。表內所列，每噸礫石合金至少○·一以至○·二安士，如美國修乎的高打省黑山所產，亦可開採提煉有利，因其鑛床甚大，產量每日千噸以上，開採費每噸祇五角四分，提煉費每噸祇六角六分美金，故能獲利也。其他各地，每噸合金半安士或合銀二十安士以上，皆能開採提煉有利。中國此項鑛苗正多，誠宜取法歐美，購機開採提煉，不特可增加收入，且裨益於金融不淺也。

金銀鑛之提煉方法，因鑛石之種類，成色之高低而異。沖積鑛層，合金成色雖低，但因提煉極易，多能獲利。其法用溝槽淘去砂土，祇餘金粒及黃化鐵砂留於槽底。溝槽之尾，復用較濶之槽，襯以椰衣糖及橫木條，洒以水銀，以便截留幼金，如上文第二章溝槽選鑛所論，便得合金銀之汞膏，如法蒸煉，可得金銀條。合金銀之硫化銅鑛或鋅鉛錫鑛，或不含銅鉛而含金銀甚富之鑛石，每噸值美金四十元



以上者，通常用熔煉法，提取金銀。此項鑛石和以別種鉛鑛或銅鑛，使每百份鑛石含鉛二十份或含銅五份以上，便可入爐熔煉，成爲金屬鉛或金屬銅，金銀全被吸收於鉛或銅內，然後用加鋅法，由鉛提出金銀，或用電解法由銅提取金銀，此法詳見於第八第九章銅鑛及鉛鑛之熔煉。最重要之金銀鑛床，爲石英脈或方解石脈，內含黃鐵鑛及各種硫化鑛物，亦有含碲化金或銻銻碲碲等雜質者。此項石脈，散見於五洲，佔全世界金產量百份之六十六，銀產量百份之四十，如上文所論，但通常含金銀不多，不敷熔煉費，而祇用淘洗及汞引法，又不能將金銀完全提出。故汞引法而外，須兼用青化法或綠化法或亞硫酸鈉溶浸法，現今歐美各鑛廠，大半用青化法提煉金銀。但未經青化法以前，必須用汞引法，提取粗粒金銀，然後將所除砂尾，用青化法，提取所除之金銀。如鑛石內含黃鐵鑛或各種硫化鑛物，則於汞引之後，將鑛砂流經洗砂桌，選出比重高之鑛物和鉛鑛熔煉，提取金銀，所餘之砂尾則用青化法提取金銀。故金銀鑛石，往往先經汞引法，繼經選鑛法，再用青化法，三者並用，然後收穫成績高。成績優異者能提取鑛石所含之金九成八以上，銀九成五以上，本篇先論汞引法及選鑛法，繼論青化法，尾論綠化法及亞硫酸鈉溶浸法。

### 汞引法及選鑛法 Amalgamation and Concentration

金銀之在鑛石內，可分爲二種。其一爲自然金銀粗粒及幼塵，人目所能見者，與水銀之結合力甚強，最適宜於汞引法，但不易溶化於青化鉀 KCN 溶液中。此項金銀鑛石，名爲自由磨煉鑛石，Free-milling Ore。其一爲自然金銀微點，散佈於黃鐵鑛或各種硫化鑛物之孔隙中，須用顯微鏡始能見者，或爲碲化金，碲化銀，或碲銻銀之合質，與水銀接觸，能令水銀呆鈍 Sicken，無結合能力。惟經過適當之準備，能爲青化鉀液溶解。此項金銀鑛石，名爲阻抗磨煉鑛石，Refractory ore。同一鑛脈之中，上部爲黃化帶，含自由磨煉之金銀特

多。下部為硫化帶，多屬阻抗磨煉之金銀。故金銀鑛廠，於汞引設備  
 而外，必須極置青化設備，始能再收獲或積高。但與硫砒砷錫鑛物  
 伴生之金銀鑛，或與鉍鑛伴生之銀鑛，非經煇法，不易溶解於青  
 化鉀液，故此項鑛物，須用選鑛桌選出，另行提煉，所餘之砂尾，乃  
 用青化法提煉。

金銀鑛通常全處於一鑛脈內，提煉方法相同，惟銀鑛之汞引法，  
 與金鑛汞引法，不同之點有三。(一)鑛石金多銀少者，汞引法祇用  
 舂槌及水銀板，鑛砂與水銀之接觸時間僅數秒鐘，金之大部份，與  
 銀之小部份，即與水銀結合成汞膏。鑛石銀多金少者，則經過舂槌  
 水銀板之後，須再入汞引磨盤內，與水銀接觸數小時之久，始能提  
 出。(二)金鑛汞引法，無須加熱及加入化學藥品，惟銀鑛汞引法，須  
 加熱並加入硫酸銅及食鹽，使硫化銀  $Ag_2S$  變為綠化銀  $AgCl$  方能與  
 水銀結合。(三)金鑛之含硫砒砷錫鑛物者，經過舂槌水銀板後自  
 然金，再經過選鑛桌，選出鑛物，所餘之砂尾，可用青化法提煉。銀  
 鑛之含硫砒砷錫鑛物者，經過舂槌水銀板及選鑛桌，除去硫砒砷錫  
 等鑛物，不至令水銀呆鈍。然後再將所餘砂尾，裝入汞引磨盤內，加  
 入水銀食鹽硫酸銅，則自然銀之全部及硫化銀之大部份可以提出，  
 所餘砂尾，尙餘銀少量，可再用青化法提出。青化液最易溶解自然  
 金微點，惟不易溶解自然銀之微點，蓋自然銀須經過長時間(十日  
 以至二十五日)始能溶解。惟青化液能溶解綠化銀及硫化銀，將研  
 幼之銀鑛砂(一百五十目以下)浸入青化鉀或青化鈉液內，加入壓  
 榨空氣攪動，能於四十八以至九十六小時內，完全溶解。自然金微  
 點之包含於硫化鑛物者，研成一百五十目以下之幼粉後，加入青化  
 鉀液及壓榨空氣攪動，能於二十小時內完全溶解，此則青化銀法與  
 青化金法不同之點也。

金銀鑛磨煉廠所設備之機械，畧有不同之處，茲分列如下。

金鑛(1)壓石機，(2)鑛倉(3)自動裝鑛機(4)舂槌，(5)水銀板，(6)提  
 水銀器，(7)水力分砂機，(8)選鑛桌，(9)砂尾沉積箱(10)青化機械。

銀鑛(1)壓石機, (2)鑛倉, (3)自動裝鑛機, (4)春槌, (5)水銀板, (6)捉水銀器, (7)水力分砂機, (8)選鑛桌, (9)砂尾沉積箱, (10)汞引磨盤, (11)水銀沉積盤, (12)砂尾池, (13)青化機械。

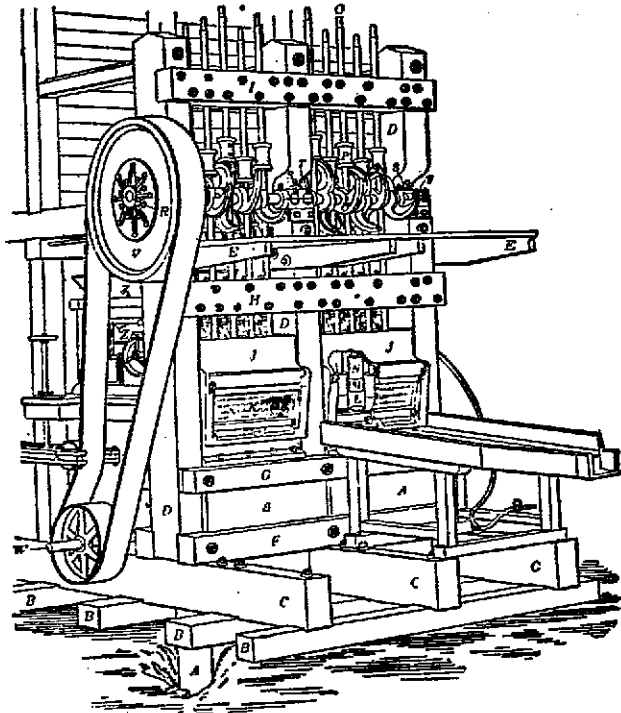
右列金銀鑛廠機械不同之處, 銀鑛需用汞引磨盤及水銀沉積盤, 而金鑛則無需此也。銀鑛所需水銀, 恒比金鑛為多。金鑛春槌內, 一安士金, 祇加入一·五安士水銀。惟銀鑛磨盤內, 每百磅鑛砂, 須加入十磅水銀。每噸金鑛石之磨煉, 祇耗去水銀〇·二以至一·安士。惟銀鑛石之磨煉, 每噸實耗去水銀一磅以至一磅半。故銀鑛之汞引費, 恒比金鑛為昂。每噸金鑛石之研磨選鑛及汞引費, 通常不過美金五角以至一元。而每噸銀鑛石之研磨選鑛及汞引費, 需美金二元餘。現今歐美各大鑛廠對於成色低之銀鑛, 通常廢除汞引法, 而用研磨選鑛及青化法, 如墨西哥之Pachuca, 美國力華大省之Tonopah, 卽其例也。此二廠之青化銀法, 當於下文青化法詳論之。惟銀鑛成色高, 而所含之銀, 又為粗粒自然銀, 如加拿大之Nipissing, 則汞引法與選鑛法青化法並用, 此法於下文再論之。

### 春槌研磨及水銀板汞引法

#### Stamp-milling and Plate-amalgamation

此法之大致, 鑛石由壓石機壓碎至二英寸徑以下, 貯於鑛倉中。再由自動裝鑛機裝入春槌臼內。鑛石被槌春幼, 和水噴出, 經過曰前篩網, 洗滌已抹水銀之銅板。砂石及礦物從板面流去, 惟金銀幼粒則重而下墜, 與水銀結合成為汞膏, 留於板面。水由水喉流入曰內, 每噸鑛石, 用水六噸以至八噸, 水銀則隨時添入曰內, 每安士金銀, 需用水銀一·五安士。篩網眼為二十目以至三十目, (卽每英寸長有二十眼或三十眼也)。每隔八小時, 水銀板內積貯汞膏已多, 須停止春鑛, 用水沖去板面之鑛砂, 然後用樹膠片刮去板面之汞膏。

第一百零九圖 為自動裝鑛機春槌及水銀板之全圖。圖內之為自



第 一 百 零 九 圖

動裝鑛機，有機槌為槌柱之鐵環擊動，將鑛石放入臼內。鑛石之裝入宜勿過多亦勿過少，槌脚與砧之間，須常有鑛石層厚二英寸。若石層太薄，則槌柱之落下位置低，鐵環擊動裝鑛機而鑛石裝入。若石層太厚，則槌柱之位置高，鐵環不至擊動裝鑛機，而鑛石不致裝入。每十枝春槌，為一春槌陣。每五枝槌有一個臼，臼內有五個砧。每一個臼有一個自動裝鑛機，中央之槌柱，配以鐵環，擊動裝鑛機。圖內 J 為臼，L 為砧，M 為槌脚，N 為槌頭，O 為槌柱，P 為抱箍。此

抱箍被弓背車撥 $U$ 撥起，挾帶槌柱上升。及弓背車撥旋過之後，抱箍無所支柱，全槌自由墜下，舂石成粉。十個弓背車撥，全裝於一條旋動輻 $R$ 上，而撥尖之位置不同，橫望之，成風車狀，如此則用力均勻，不至忽輕忽重也。每枝槌連槌柱槌頭槌腳抱箍合計，共重八百磅以至一千二百五十磅。槌柱升高墜下距離四英寸以至十英寸。每具十枝舂槌陣，需用馬力十五，以至三十五匹。每日夜舂白內，沖洗鑛砂十五以至五十噸，視鑛石之堅軟，篩網目之大小而異。白上有水管 $Y$ 十枝，射水入白內，穿篩網 $K$ 而出，流落於篩齒之水銀板。以上為舂槌之大致情形，至於各機件之構造，及自動裝鑛機之款式，詳見上文第三章所論舂槌及裝鑛機。

水銀板為厚一分之紅銅片製成，面上鍍銀一層，每平方英尺鍍銀一安士，然亦有不鍍銀而祇用紅銅片者。鍍銀之紅銅片，塗抹水銀極易，且不受鑛物酸性液侵蝕，面上水銀潔淨，恒成白色之汞膏。若為不鍍銀之紅銅片，則片上塗抹水銀頗難，須先將銅片用硝酸酸洗淨，沖水後，再用綠化銨 $NaCl$ 液洗淨，然後用硬掃抹入氰化鉀 $KCN$ 溶液，隨沫隨加入水銀，如此則水銀在銅片上，鍍成一層極勻而光亮之水銀面。但經過鑛砂流過數小時之久，面上為鑛物酸性液所侵蝕，每成黃色或綠色之薄膜，有硬金銀之沉結，此時必須用軟掃蘸青化鉀液溶液，掃去黃綠色之薄膜，如此不免耗費人工，故不若用鍍銀銅片為佳。承托此銅片，為平底木槽，通常闊四英尺半，長六英尺，每一白接以一槽。槽底之木板，須極平而無彎曲凹突。製法，將一·五英尺厚，三英尺闊，六英尺長之木板夾成槽底。槽面向兩旁，狹面向上下。頭尾及中央，橫貫六分徑螺絲鐵四條夾緊。槽內刨之極平，然後將銅片蓋上，用木槌敲擊四向使平，乃將木螺絲連圍銅片於槽板。槽在白齒之斜勢，每英尺低半英寸以至一英寸半，以能流盡銅片面之鑛砂，不致遮蓋水銀面為度。銅片面宜均勻，砂水流經其上，成為極勻而薄之水銀，然後金銀微點，始能沉結於水銀面上。

## 水銀板之清理及塗抹

金銀汞膏之積於水銀板上，非成平面，每成稜槽起伏形，若積貯過高，則不免被砂水沖刮而去，故每隔八小時或十二小時，必須清理一次。豐富之金銀鏽，積貯更速，清理宜較煩，或須四小時清理一次，每次需時十五分鐘。清理之時，須停止春石，關閉臼內水喉掣，勿令臼內鏽砂沖出。另用樹膠水喉，噴水沖淨板面鏽砂，然後用樹膠刮，刮起板面汞膏，貯於承接器中。樹膠刮之製法，用木板二件，中夾樹膠片一塊，膠片厚約二分，片邊突出於板邊三分。將此膠片，刮起板面汞膏，由槽尾刮至槽頭，撥成一堆，然後鏟起於承接器中。刮淨之後，用軟棉蘸青化鉀溶液，塗抹板面，前後洒以水銀，用硬掃抹平，於是春石再行開始。水銀板面，宜時常察視，板面所積之汞膏，以膠結如漿糊狀為適合，若太硬則金銀不易結合，太稀則易於流走。臼內所加水銀，視此節掣，硬時宜多加水銀於臼內，稀時宜停止加入。水銀在臼內，和砂水從漸射出於水銀板面，故在春石時間，祇加水銀於臼內，便可供給汞引之用也。

## 臼內汞引法

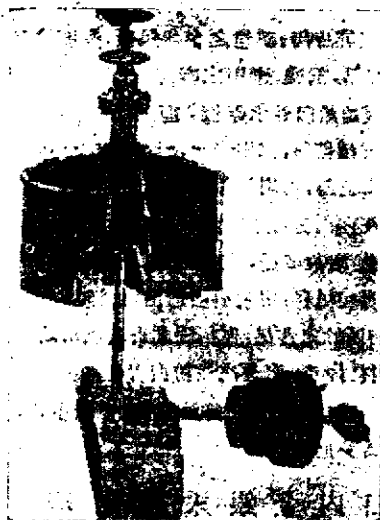
從前青化法未達完善時期，為截留金銀微點起見，恆用臼內汞引法。用此法之臼，須比尋常春槌臼為濶大，庶臼內水銀板面所積汞膏，不致被鏽砂刮下。臼前放砂處之篩網，與砧面之距離宜較高，水銀板置於篩網之下，與砧面相對，以便接收金銀微點。汞引臼篩網離砧面十二英寸，其下為濶八英寸之水銀板，非汞引臼之篩網，離砧面祇四英寸，鏽砂易於噴出。春槌起落之距離，在汞引臼內，亦比尋常春槌臼為高，起落十六英寸，而尋常春槌，起落不過十英寸。春槌之重則減輕至六百磅，墜下次數亦減為每分鐘三十次，而尋常春槌，通常每分鐘墜下九十次。此項高篩網，高起落，輕槌，慢墜之春槌臼，名為基路便式春槌陣 Gilpin County Battery，上文第三章春槌

項下曾詳論之。白內有前後水銀板二件，其一在粘筒籠網之下，其一在砧後兼石槽之下，金銀粒點，隨砂水激動，黏結於水銀板面。此項汞引法甚有功效，但因篩網加高，放砂不易，吞石量因而大減。現在青化法已達完善時代，新建之金銀鑛廠，多廢除白內汞引法，而用低篩網，低起落，重槌，速墜之春槌臼，以求吞石量增加。蓋粗粒金銀，可完全截留於臼外水銀板，而微幼金銀，雖從砂尾浮去，亦可截留於砂尾沉積箱內，再用青化法提出。至於包藏在黃鐵礦或各種硫化礦物內之金銀，則用選鑛桌選出礦物，而金銀亦可用鎔煉法提出。故毋庸在白內施行汞引法，且毋庸將鑛砂在白內吞至太幼，方能提出金銀也。此說誠然，蓋現今各大鑛廠之趨勢，恆用粗篩網（約十二目）在春槌粗吞，用汞引法選出粗金銀，並用選鑛法選出硫化礦物。然後將所除之砂尾，復用彈丸研石機研幼至過一百五十目篩，研時和入青化鉀液。研後之鑛粉與青化鉀液和混成漿，再裝入壓控空氣攪動器內，加入青化鉀液，攪動十餘小時，所提出之金銀，較白內汞引法為多也。

### 白內金銀汞膏之清除

春槌繼續吞鑛二星期以至三星期之後，白內雖未施行水銀板汞引法，但因時常加入之水銀，一部份仍停留於白內砧旁孔隙，往往與金銀結合，成為小塊或硬條，藏於白內砧底或碎石孔隙中。此項汞膏，含金銀甚富，若任其留於白內，不啻將金錢窖藏，犧牲利息甚大，故每隔兩星期，須將白內積存金銀汞膏，清理一次。若為白內汞引法，則每星期或二三日清理一次。清理之時，停止吞石，將篩網除開。用鐵鏈鐵棍絞起各枝春槌，承於春槌架上之豎指（Fingers）。然後將白內水銀板取出，刮去板上汞膏。鑛出白內碎石，載於鐵斗中。所餘之幼砂及汞膏，尚留於砧旁及砧底。將砧旁之木楔起出，攜出各站，掃除白內幼砂及汞膏，裝入清理盤（Cleanup pan）內，以便清理。白內掃淨後，裝回各站，敲入木楔，使各站之位置仍舊。將鐵櫃內之

碎石，倒回砧面上。放下春槌，插回篩網，於是春石可再行開始。清理盤如第一百一十圖。盤徑十五英寸以至三英尺，小者可裝鑛砂五



第一百一十圖

十磅，大者可裝鑛砂三百磅。此盤之底，鑲以環形鋼砧，其上為旋轉之鋼磨。鑛砂由內取出者，通常含鐵碎，硫化鑛物，水銀及汞膏。先用攝鐵取出鐵碎，乃將清理磨內鋼磨提高，裝入鑛砂於砧面，加入適量之水銀，（每百磅鑛砂加入十磅水銀）放下鋼磨，注水於磨內，開機旋轉。及至鑛砂和水，已研成幼漿，乃將旋轉速率減慢，使砂漿上浮，水銀沉下。然後將浮面之砂漿陸續由盤旁之上孔放出，而水銀及汞膏則由盤底之孔放出。將此水銀汞膏盛於人工淘金盤內，洗淨幼砂，祇餘水銀汞膏，裝入帆布袋或厚紡網製成之袋，揀去水銀。袋內所保留為硬汞膏，合金銀四成，揀出之水銀仍合金銀少量，約 0.5%。合金銀少量之水銀，與金銀粒點，最有固結力，可再用



以裝入春槌臼內。不含金銀之淨水銀，與金銀之結合力不強，故初開始之碾煉，若用淨水銀，必須用鍍銀之銅板，或將金銀粉溶化於水銀內，以便初次所春之金銀，能為水銀所吸引。

### 水銀汞膏之損失及其補救法

上文曾論及，每噸金鑛磨煉失去水銀 $0 \cdot 2$ 以至 $1 \cdot 5$ 安士。每噸銀鑛磨煉，失去水銀 $1 \cdot 5$ 以至 $5$ 磅。此項損失，大半由於水銀變成幼粉，和於鑛砂內，不能用比重法分出。而水銀與鑛砂內之硫化質或氧氣化合，亦能變成硫化汞及氧化汞，因而失去。水銀和鑛砂研磨，易成幼粉，鑛砂含砷銻銻鎘物者，能令水銀變成硫化汞及銻銻砷汞膏。鑛砂含氧化銅鉛錳錫者，能令水銀變成氧化汞及銅鉛錳錫汞膏。此二者皆能使水銀呆鈍，漸成幼粉，因而失去。此項損失，在春槌水銀板內，尙非重要，因水銀之加入少，與鑛砂之接觸時間短。若在銀鑛汞引磨盤內，則損失特多，因水銀之加入多，與鑛砂之接觸時間長。故鑛砂出春槌後，未入磨盤之前，宜先經過篩桌，選出砷銻銅鉛錳錫等鑛物，方不致耗費水銀。油蠟滴入臼內或磨盤內，亦能使水銀呆鈍，而金銀浮走。故春槌之槌柱槌引，恆以筆鉛作滑料，而不用油。磨盤之軸套，需油之部份，恆置於盤外。如或誤滴油蠟入內，則須速加入輕鹼 $\text{NaOH}$ 溶液，使油蠟溶解。金銀若為鐵鏽或土質遮蓋，亦不能與水銀結合，必須將遮蓋之土質磨去，露出新鮮金面方可，此項金鑛，需用磨盤汞引法。碲化金不能直接與水銀結合，必須經過煇烘法，使碲質蒸化，金粒還原，方能用汞引法，但碲化金用汞引法提煉成積甚低，必須兼用選鑛法及青化法。

被氧化鑛物變成呆鈍之水銀，可加入鈉汞少許，使復變為活動。鈉汞之製法，將水銀一百安士，在鐵釜內加熱至一百五十度百度表。然後徐徐加入金屬鈉 Metallic sodium 小粒，每粒如黃豆大。初加入鈉粒時，發生小爆炸及光亮火焰。及加入漸多，爆炸漸少。所加之鈉，以三安士為度。去火既冷，水銀與鈉，結成鈉汞膏，變為固體，可

取出藏於槽內，上加石腦油 Naphtha，以防氧化。用時，取出納汞小量，和於呆鈍水裏中，能使水銀復活動。

春隨水銀板之槽尾，每有變粉之水銀汞膏浮出，宜設法截留，方不致損失金銀及水銀。截留之法，有用長潤之槽，上加帆布或毛氈，隔以橫木條，使水銀汞膏截留於木條後者。但此項長潤槽，需用人工清理，每感不便。金銀鑛廠之用選鑛法者，在選鑛桌內，可截留水銀汞膏微點，但與鑛砂混和，用熔煉法，祇能提出金銀而不能得回水銀。截留水銀汞膏之器具最常用者為捉水銀器，Mercury-trap，如第一百一十一圖所示。槽內有懸掛之水銀銅板，可往復擺動，板脚



第一百一十一圖

翠轉向槽頭。每一銅板之下，有橫過之斜面突墊。砂水流經銅板之下，突墊之上，沖擊銅板，往復擺動。砂水向槽尾流出，汞膏及水銀微點，一部份沉於槽底，一部份粘於銅板脚，可隨時清理。

### 水銀板汞引法之提煉成績

金銀鑛砂能用汞引法提煉者，祇限於自由磨煉鑛石，如上文所論。但同一鑛石，往往有自然金銀及硫化鑛物並生，故所合金銀，多少屬於阻抗磨硫煉之金銀，而不用汞引法者。水銀板汞引法之提煉成績，亦因此有高下之分。據南非洲杜蘭斯哇 Rand 地方，於一九一三年，十三間鑛廠之報告，水銀板汞引平均成績，能提出鑛石內所含之金百份之六十一，值銀美金六元，所用水銀板面積，每日每噸鑛

砂經過，需水銀板面積○·二五以至二·平方英尺。而美國德乎的高打省黑山地方，Homestake 礦廠報告，每噸礦石值美金四元一角一分，水銀板汞引法，白內及白外兼用，提煉成糝，能提出礦石內所含之金百份之六十九，所用水銀板面積，每日每噸礦砂經過，需水銀板面積十一平方英尺。最高成績，為美國加尼寬尼省之母脈金礦苗，Mother Lode，含自然磨煉金粒特多，水銀板汞引法，能提出百份之七十五以上。而最低成績者為美國卡路拉度省之 Cripple Creek 金礦苗，含碲化金等雜質，汞引法祇能提出百份之三十。中國廣東增城紅峯山金礦，曾用水銀板汞引法提煉，祇能提出金百份之四十，銀百份之三。但兼用選礦法及青化法，能提出所餘之金銀百份之九十以上。

### 銀鑛汞引磨盤 Silver Amalgamating Pan

第一百一十二圖為汞引磨盤之剖面圖。D 為生鐵盤底，有放砂孔 E。G 為硬生鐵鑄成之環形砧，砧底有突筍，套入於盤底，T 為硬生鐵磨片，亦有突筍，套入於旋轉鐵環 S 之下。磨片及砧，用久損壞可以更換。旋轉環 S，連固於十字鐵臂 U，此臂連固於空心柱形套 V，其內再套入中央旋轉軸。中央軸旋轉 挾帶柱形套及十字臂旋轉，而鐵環及磨片亦隨之轉動。柱形套 V 之上，有螺絲套 X，及手輪 W。將螺絲旋下，逼緊旋轉軸頭，則全套鐵環磨片升高。將螺絲旋上，則磨片鐵環放低。磨片與砧面之距離，可由此較遠近。螺絲既旋至一定位置，可用輪 Y 鎖緊，以免上下移動。盤底之中央，有生鐵軸套 H，套之下部，鑄成鐘口形，用螺絲連固於盤底，接面用牛皮或石綿線密封，使不漏水。盤底之四週，有突起之邊緣 L，其上套入木板製成之盤圍 F，盤圍與邊緣接面處，用石綿線密封，使不漏水。盤圍之內，近磨片處，有鐵片環 V 遮護，以免木板為礦砂所擦傷。盤圍外有鐵箍 J 數度，箍緊盤圍。盤口有木蓋 N，及窺視孔 O。盤圍之上部，有鐵翼 R 四件，斜鑲於盤圍內，成螺旋形方向。磨片之旋轉，藉盤底齒輪轉動。礦砂和

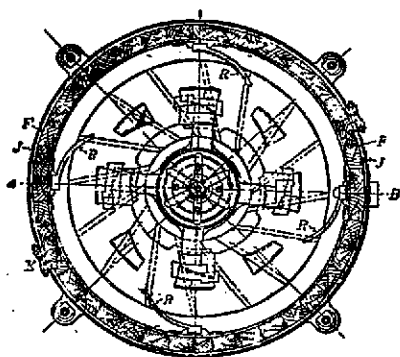
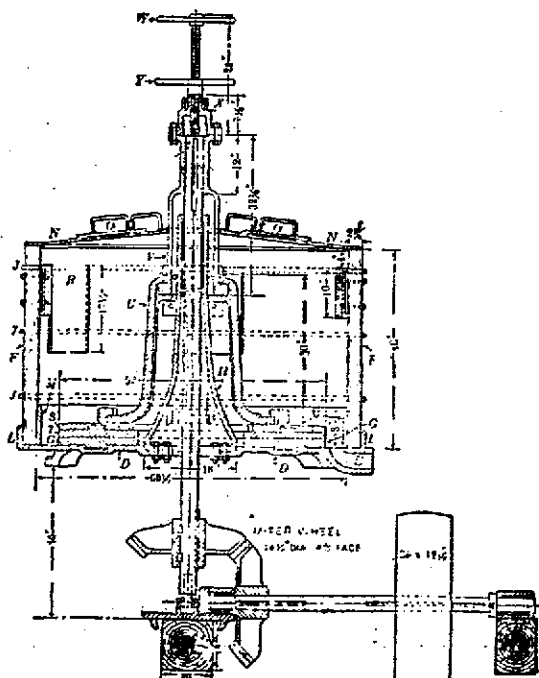
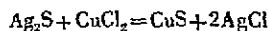
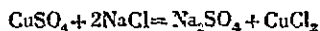
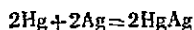
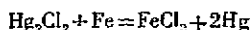
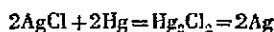


Fig. 393-Combination pan of Fraset and Chalmers

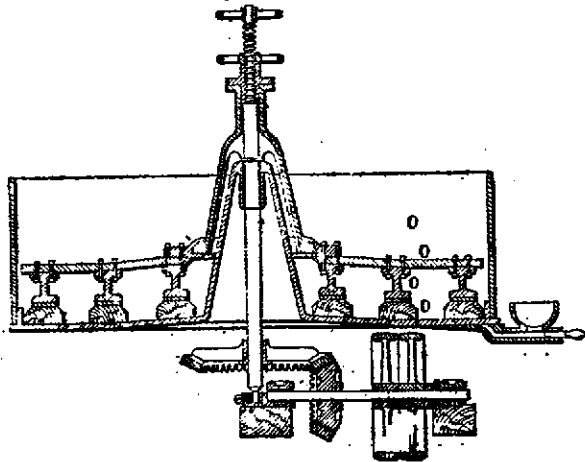
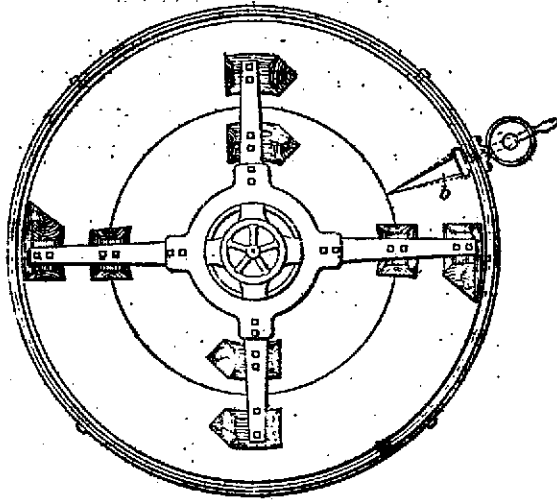


水被磨於砧面及磨片底之間，受離心力，向盤週流動，上升至鐵翼 R 時，折向盤中央降下，穿過十字臂之間，落於盤中央，復向砧面流出。此盤之尺寸，如圖中所示，可裝鑄砂三千磅。磨片每分鐘旋轉七十五次，需用六匹馬力。入盤鑄砂，經舂槌舂劫至二十目以下，方可裝入。在盤內研磨時間，需四小時，磨後之鑄粉，通常可過一百目篩眼。

汞引磨盤之用法，未裝鑄砂之前，先將磨片升高，離砧面半英寸。注水入內，浸過磨片及旋轉環。開機旋轉，鑄入鑄砂三千磅，令砂水攪勻，如蜜糖狀。加入盤蓋，放低磨片，將鑄砂研磨，並用鐵喉噴入蒸汽，使盤內砂水，熱至沸點。（磨盤之加熱，有於盤底及盤中央鐘形軸套之間，配以蒸汽箱者，加熱更速。）及研磨一小時半之後，升高磨片，放入水銀三百磅，攪勻後，放低磨片，再磨四小時之久。鑄砂及水，研磨成漿。水銀微點，散佈於鑄粉中，與自然銀及綠化銀結合成汞膏。如為硫化銀則須加入食鹽及硫酸銅，使硫化銀先變成綠化銀，然後能與水銀結合成為銀汞膏及綠化汞。綠化汞與磨盤內之鐵片鐵砧接觸，與鐵交換，還原成為水銀。盤內化學作用，列式如下。



食鹽及硫酸銅加入之份量，每噸鑄砂，加入食鹽六至十八磅，硫酸銅三至九磅。硫化銀與汞交換，成為硫化汞及自然銀。硫化汞不能在盤內復還原成為水銀，故宜加入食鹽及硫酸銅，使硫化銀變為綠化銀也。綠化汞與磨盤內鐵片鐵砧交換，還原成為水銀，不致損失，但鐵片鐵砧則因而損壞，每噸鑄砂之磨庫，耗鐵八磅以至二十



第一百一十三圖

五磅，故鐵片鐵砧，須準備更換也。

研磨將完之時，減低磨片之旋轉速率，令每分鐘旋轉四十次為度。關閉蒸汽，放入冷水，使粉漿稀薄而冷卻。如此緩緩攪動十五分以至二十分鐘，令汞膏及水銀沉聚於盤底，然後停止攪動，開放盤底之放砂孔，將盤內所載，完全放入於沉積盤中。

## 銀汞膏及水銀沉積盤

### Silver-amalgamand Mercury Settler

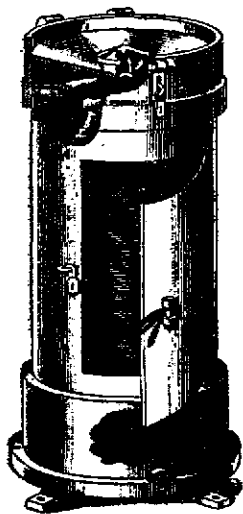
此盤較汞引磨盤為大，能清理兩個磨盤所放出之礦漿水銀及汞膏，盤徑八英尺，深三英尺，如第一百一十三圖所示。盤內有十字旋轉臂，可升高放低，運動大致與汞引磨盤相同，惟沉積盤內，無須研磨鑄砂，故盤底無須墊以鐵砧，而撥片則用木製。十字臂一長一短，長臂夾帶六個木撥，短臂夾帶四個木撥。短臂木撥所經之路，適在長臂木撥所經路之中央，故礦漿在盤底各處，皆可撥勻。盤週有高高低低放砂孔四個，每個相離八英寸，各用木塞關閉。盤底之一邊，有凹槽b，水銀由此藉虹吸作用，流出於盤外之鐵碗。水銀在碗內高四英寸，壓力與盤內礦漿高三十六英寸相平衡。

沉積盤之用法，未放入礦漿以前，先將十字臂撥升高，離盤底八英寸。開機旋轉，每分鐘轉十五次。然後陸續放入兩個汞引磨盤所流出之礦漿水銀及汞膏，加水入盤內，至離盤口六英寸為度。攪動半小時之後，將十字臂撥逐漸放低。攪動二小時後，臂撥距離盤底六分。此種攪動之目的，乃令礦漿和水上浮，水銀汞膏沉底，而硫化礦物亦沉聚也。攪動三小時半後，水銀汞膏，經已沉底，乃先開最高之放砂孔，流去水漿，陸續再開其下之孔，流去砂漿，及至開放最低之孔，一切礦漿流去，祇餘盤底之硫化礦物及水銀汞膏。水銀汞膏可陸續由虹吸碗放出，惟硫化礦物及水銀汞膏一部份，留在盤底，暫未清出。放砂時旋轉撥繼續攪動。放完之後，將旋轉撥升高八英寸，繼續旋轉，再放入別一磨盤之礦漿。盤底礦物及汞膏水銀，每星

期清理一次。清理時，可將虹吸碗底之塞拔開，先流出水銀汞膏。繼放水入內，沖出雜物，置於清理盤內所磨淘洗，如上文所論。

### 金銀汞膏之處理及蒸煉

金銀汞膏，由春槌銅板刮出者，為量無多，可用帆布袋揀出水銀，如上文所論。惟由汞引磨盤所泌出者，通常重數百磅，須用汞膏夾萬 Amalgam Safe 存貯，以便清理。第一百一十四圖，為汞膏夾萬圖。

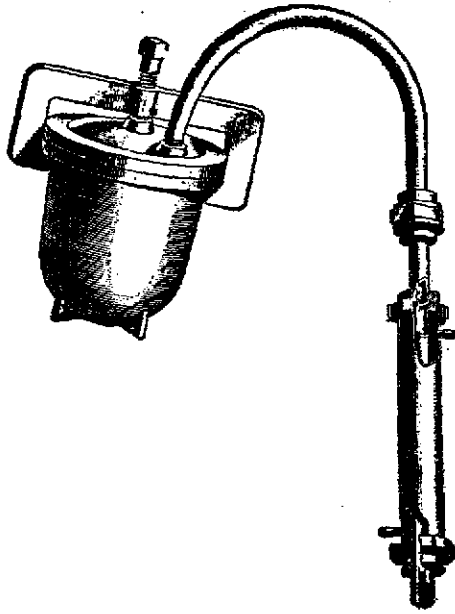


第一百一十四圖

夾萬為圓柱形之鐵箱，上有斗形蓋，中央有小孔，水銀汞膏由此流入，小孔之上，有鐵罩掩護。斗底有懸掛之帆布袋，水銀汞膏載於其中，水銀因重力下墜，穿帆布之細孔而出，聚於箱底，而汞膏則留在布袋內。箱旁有門，由此可伸手入內，揀出袋內之水銀。水銀積聚既多，可開放箱底之小孔流出。箱蓋及門，平時用鎖關閉，以資鎖密。布袋內之汞膏，含銀百份之二十以至二十八，可放入鐵甌蒸煉。

金銀汞膏如，為小量者可用坩鍋式之鐵甌蒸煉，第一百一十五圖，為坩鍋甌之圖。甌為生鐵製，甌口有邊緣，與蓋邊密接，蓋邊及甌口邊緣，用刨床刨滑，使之密接。用此甌時，先將甌內用土漿塗抹，或用數層紙漿上，土漿及紙灰，所以使汞膏與甌隔離，不至粘實於甌內也。裝入之汞膏，先敲碎成小塊，然後裝入，如此則水銀蒸化較透，若為大塊，則中心仍含小量水銀，不能蒸出也。裝妥後，將蓋口邊緣塗以幼土漿，加蓋及鐵夾，絞緊螺絲，使蓋邊與甌口密接，不致漏氣。透出水銀之鐵管，用鐵條通貫，勿令有甚少阻塞，此為最要之點，蓋鐵管阻塞，水銀氣薰





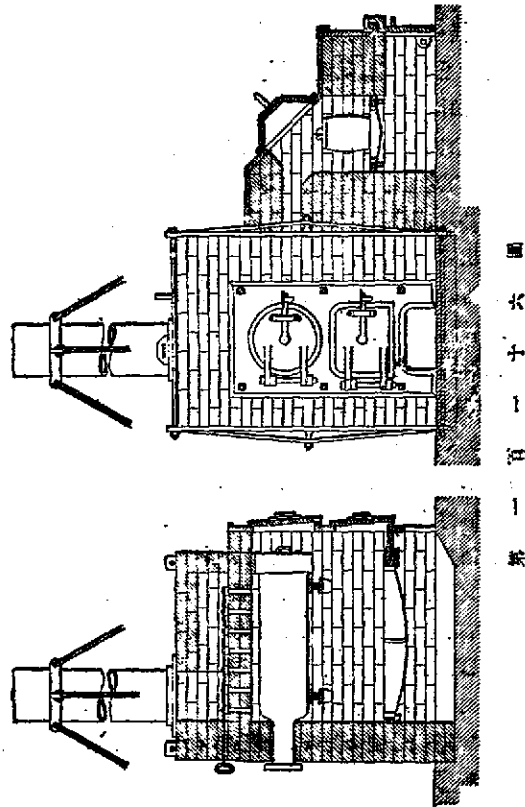
第一百一十五圖

藏不出，壓力甚大，每生爆炸之虞，水銀氣彌漫室中，有傷生命也。各事備妥之後，將此甌及管，移置爐上，甌底四週用磚支柱，甌下置柴炭，鐵管外之水圍管，用樹膠喉透入冷水。先加火微溫甌底，令汞膏內之水汽，先行蒸化而出，此亦要點，蓋水銀氣與水蒸汽混和，易生爆炸也。炙熱半小時之後，水蒸汽已完全放出，乃將熱度逐漸加高。將鐵管口裹以帆布袋，浸入水內，如此則未凝結之水銀氣遇水凝結，不至放出空中也。但須小心，勿令甌內熱度降低，否則水由鐵管倒吸入甌，亦能發生爆炸也。加熱一小時後，可用風箱鼓風入炭，令爐火加猛，鐵甌底微見暗紅為度。及至水銀氣已放盡，先移開鐵管口帆布袋下之水，然後停止加炭，令鐵甌在爐上冷卻。冷後開甌取出金舉塊。

銀鑄汞膏，由汞引磨盤滲出者，份量甚多，宜用大鐵甌蒸煉，第一百一十六圖爲此甌及爐之全圖。甌爲圓柱式，橫臥於爐內，甌口縮小如樽口，此口有邊緣，用螺絲穿過邊緣之小孔，與甌蓋密接，蓋邊及邊緣之間，墊以石棉紙，以防漏氣。甌蓋有鐵管透出，鐵管之外，有水圍管，令水銀凝結。甌之兩頭，承於爐牆之鐵架，中央復用鐵條支柱，以防鐵甌燒紅後，受汞膏重力彎下。甌下爲火壩，甌上有爐拱遮蓋，所以不令火焰直接放出者，一則保全爐內溫度，二則令火氣均勻佈於爐拱下，火力較勻也。爐拱有小孔多個，火焰由此走上於烟巷。小孔之上有蓋，可以啓閉，以便節制爐內熱度。甌長二十八英寸，內徑十英寸，每次裝入汞膏五百磅，甌內僅半滿汞膏，其上留一半空位，以便水銀蒸化。蒸煉時間，需時十以至十四小時。

### 金銀條之鑄鑄

由甌內取出金銀塊，尙含雜質及水銀少量，可加入熔劑，置於坩鍋中，鑄成金銀條。熔劑爲硼砂火硝及碳酸鈉。硼砂火硝用以化去銅鐵硫砷鉛銻等雜質。碳酸鈉用以化去砂質。此項熔劑，須先用鐵鍋煮溶，除去水份，冷後擊碎，貯于樽中待用。熔劑若含水份，能令坩鍋漏裂，所以必須用無水熔劑方可。坩鍋或爲火泥製，或爲筆鉛製，而以筆鉛鍋爲穩妥，不易漏裂。坩鍋未用之前，宜置近火處，除去濕氣，否則易裂。用時先將坩鍋緩緩炙熱，然後裝入金銀及熔劑，加火熔煉。坩鍋之爐，如第一百一十六圖所示，爲燒焦炭之爐。爐內先用柴炭生火，燒紅後，加入焦炭，放入已炙熱之坩鍋於炭面，鍋外圍以焦炭，然後放入金銀塊及熔劑於鍋內。關閉爐蓋，令焦炭逐漸焚着。及燒至全紅熱度，鍋內開始滾沸，熔劑與雜質化合成渣滓，化完既完，滾沸停止。加熱至黃色熱度  $1060^{\circ}\text{C}$ ，金銀鑄成渣質，渣滓浮於面上，用鐵線屈作餅形螺旋攪，攪去渣滓，然後將金銀傾出於模內。模爲生鐵製，用時，先將模炙熱，模內塗以油膏，然後傾入金銀鑄液。冷模能令溶液漲起，故須先將模炙熱，塗油所以令金銀不至與模黏結，冷後易於傾出也。鑄成之金銀條，如由金鑪所得者，通



常合金四成以至九成餘，由銀鍊所得者含銀九成餘，金少量。此項金銀條可以出售，所獲價值以金銀份量為標準。

### 金銀鑛廠之選鑛設備

金銀鑛石，如含黃鐵鑛黃銅鑛方鉛鑛及各種硫砷碲銻等鑛物，於舂槌研磨及水銀板汞引之後，須將鑛物選出，方合於磨盤汞引法。

青化法及綠化法提煉。蓋此項鑛物，如不選出，則在磨盤內，消耗水銀太多，如上文所論。硫砒碲錳鑛物，非經相當之煬烘及研磨，不能用青化法提出金銀。銅鑛損耗青化液及綠氣太多，鑛砂含銅，則宜用鎔煉法提取金銀，不宜用青化法及綠化法。鑛砂含鉛，則可作鉛鑛售於鉛鑛煉廠，而所合金銀，仍可得回相當之價值。鑛物選出後，所餘砂尾，再用青化法或綠化法，提取金銀，則提煉成色高而用費兼。選出之鑛砂，其處理法有二。(一)選出較淨之鑛砂，運往銅鉛煉廠鎔煉，收回金銀價值，若鑛砂內含銅鉛，則兼得銅鉛價值。(二)選出不甚淨之鑛砂，就地用濕法提取金銀。鑛砂經相當之準備，可適用青化法綠化法或亞硫酸鈉溶液浸法提煉。

金銀鑛廠所需用之選鑛機械，比較銅鉛鑛廠所用者為簡單。銅鉛鑛廠鑛砂之價值，全在於選淨之鑛砂，故須盡力設法使鑛物及鑛塵截留，以求收穫成績高。所需選鑛器械，如水力分砂機，跳汰機，威氏洗砂桌，符氏洗砂帶，幼粉選鑛桌，浮游選鑛機等，應有盡有。金銀鑛廠，則選鑛後之砂尾，仍可得回金銀，故無須截留鑛塵。且鑛砂經用春槌春幼至二十目以下，無須用跳汰機，祇用水力分砂機及威氏洗砂桌或符氏洗砂帶，便可得回淨鑛砂。或並水力分砂機亦不用，而祇用威氏洗砂桌，亦可得回淨鑛砂，而獲相當之價值。水力分砂機，威氏洗砂桌，及符氏洗砂帶之構造，詳見上文第三章篩砂機器及選鑛機器項下。威氏洗砂桌，最適用於選二十目以至四十目之鑛砂，每具需用運動馬力半匹，每日能洗鑛砂二十以至二十四噸。規模小之鑛廠，用十枝春槌，每日夜春鑛二十餘噸，祇須購一具威氏洗砂桌，無庸添置水力分砂機及符氏洗砂帶。惟鑛砂及水由水銀板及提水銀器流出後，須先經尖底箱，浮出過多之水量，而適當之砂水，由箱底流出，方合於威氏桌選淨，免致桌面用水太多，幼錳易浮也。金銀鑛廠用四十枝春槌者，每日夜春鑛八十以至一百噸，則宜兼用水力分砂機威氏洗砂桌及符氏洗砂帶。由水力分砂機分出二十目以至四十目之幼砂，裝入威氏洗砂桌，並分出四十目以至六十

目之幼砂，裝入符氏洗砂帶。符氏帶最適用於選四十四目以下之鑛砂，每具需用運動馬力四份之一匹，每日夜能洗五十目之幼砂四以至六噸。四十枝春錘之鑛廠，需用威氏桌三具，及符氏帶六具。

### 選鑛法截留金銀成績

淨鑛砂內所合金銀份量，與鑛石內所合金銀總量比較，因鑛石之種類而異。鑛石若合自由磨煉金銀多，則用汞引法已提出金銀之大半，而留存於鑛砂內者甚少。鑛石若含阻抗磨煉金銀多，則金銀之大部份，包含於硫化鑛物內，選出之淨鑛砂佔金銀份量多。美國力華打省 Coldfield 選出淨鑛重量，佔鑛石總量百份之六，淨鑛砂內所合金銀份量佔鑛石所合金銀總量百份之六十七，選鑛費每噸美金六仙。墨西哥 Pachuca 銀鑛，每噸含銀二十六安士，選出淨鑛砂佔重量百份之一·五，銀量百份之二十二。墨西哥 El Oro 金銀鑛，選出淨鑛砂佔重量百份之一·二，金量百份之三十五，銀量百份之十六。美國力華打省 Tonopah 銀鑛選出淨鑛砂佔銀量百份之一十五。中國廣東增城帽峯山金銀鑛，選出淨鑛砂，佔重量百份之五，金量百份之三十五銀量百份之七十。

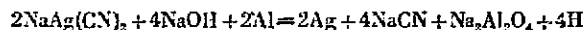
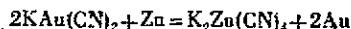
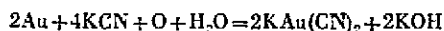
### 淨鑛砂之鎔煉費及價值

金銀鑛廠所選出之淨鑛砂如售於鎔煉廠，則運費及煉費，由鑛價內扣除。運費遠近不一，煉費每噸需美金四元以至十二元。合金銀成色高之鑛砂，需用煉費較高。得回價值，每安士金得回美金十九元以至十九元五角。銀則照化驗成色，九五折計，每安士銀得價若干，照時價而定。鑛砂若含銀百份之二以上，鉛百份之五以上，亦可得回相當價值。

### 青化法 The Cyanide Process

近今青化法日益改良，世界金銀產量，由青化法而得者，佔總量

百份之三十，由汞引伸而得者，佔總量百份之二十。青化法原屬簡單化學作用，金銀在青化鉀或青化鈉溶液中，和水及氧氣變為青化金鉀，或青化銀鈉之溶液。此溶液再與金屬鋅或金屬鋁相遇，金銀還原，變為黑色之沉澱。此項作用之化學式如下。



青化法之小試驗，可將鑛砂研幼至過二百目篩。取出一部份，用火化分析法，化驗金銀成份。另取出一百公分100 gms幼鑛粉，浸入一百五十立方公分青化鉀溶液，此溶液為150. cc. 水，溶化0.75公分青化鉀0.75 gms KCN。將此溶液及鑛粉，置於容量四百立方公分之玻璃樽內，攪動二十四小時之久。（攪動法可將玻璃樽加塞，置於旋轉架內，用電機轉動）。取出鑛粉溶液，置於吸力濾漏器中，濾取淨液。並用五十立方公分清水，注洗鑛粉，再濾淨。並合此二項淨液，貯於容量三百立方公分之玻璃樽中，加入鋁粉Aluminum Powder 五公分，攪動一小時之久。濾取沉澱物及鋁粉，加入一百立方公分輕美鈉熱溶液，內含NaOH15%，溶化鋁質。此溶液宜逐少加入，否則鋁質滾出。溶後所餘者為金銀沉澱。將沉澱及濾紙焙乾，將濾紙焚化，取此紙灰及金銀沉澱和入鉛黃 PbO 四十公分，幼砂五公分，無水硼砂五公分，無水碳酸鈉二十公分，炭末一分。和之極勻後，置入火泥坩鍋溶化。取出鉛質，照火化分析法，用骨灰灰煉成金銀粒。此法所得金銀，與原鑛粉用火化分析法所得金銀比較，可得青化法提煉成績。

上列青化試驗法，原屬簡單。但此法祇適用於溶化鑛粉之含自然金銀或硫化銀綠化銀，而伴生鑛物，祇為黃鐵礦。並無其他鉛鉛銻銻砷碲等鑛物者。若含複雜物，則溶浸之前，須有相當之準備方可。大規模之青化提煉金銀法，手續可分為四步如下。

(一)鑛砂之準備處理，包括研磨法，焙烘法及加入副藥劑法。(二)溶浸方法，包括鑛砂及坩粉之處理，溶液之種類成分，處理時間之久暫。(三)滲濾法，鑛砂及坩粉之滲濾器械，及滲濾之手續。(四)沉澱法，用鉍絲鉍粉或鋁粉沉澱之各種器械及其方法。以上四步手續，為青化法所同用，但因鑛砂之種類不同，應用器械及提煉方法，亦因而各異，每經一步手續，必有改良或變通辦理之處，務祈提煉成績高而用費廉，為惟一之要務也。

### 鑛砂之準備青化

#### Preparation of Ores for Cyanidation

欲青化法成功，必須先知鑛砂是否適用青化法，並須知鑛砂內所含之礦物，有無防礙青化，而此有礙青化之礦物，應如何設法，或用獨烘法，或加入副藥劑，使變為無礙，此為第一着。至於鑛砂須研至若干幼，始能育青化液，能與包含於砂內之金銀接觸，溶化金銀，此為第二着。粗粒金銀，不能用青化法。合於青化法者，為人目不能見之金銀微點，包含於砂土或黃鐵礦內，須將鑛砂研幼，用顯微鏡察視，始能見者。如將鑛砂磨極幼，使金銀顯露，則能於適當之時間內，溶解於青化液中。輝銀礦  $\text{Ag}_2\text{S}$  及綠化銀溴化銀亦能溶解於青化液中。淡紅銀礦  $\text{Ag}_3\text{AsS}_4$  混紅銀礦  $\text{Ag}_3\text{SbS}_4$  脆銀礦  $\text{Ag}_3\text{SbS}_4$  難溶於青化鉀液，惟易溶於青化汞鉀液  $\text{K}_2\text{Hg}(\text{CN})_4$ 。含碲砷銻礦物之金銀礦，最有礙於青化，惟經透焗法 *Dead Roast* 除去碲砷，使金銀還原，則可溶解於青化液。或不用透焗法，而加入青化溴  $\text{BrCN}$  溶液於尋常青化液中，亦能使金銀先溶，而碲砷不至損耗青化液。黃化銅碳酸銅及輕黃化銅，能溶於青化液，損耗青化鉀太多，輝銅礦  $\text{Cu}_2\text{S}$  黃銅礦及各種硫化銅礦，亦能使青化鉀分解，變為青化銅及硫化鉀而合金銀不溶。故含銅之金銀礦，通常用選礦法選出銅質，用焙煉法提出金銀。所餘砂尾，方用青化提煉或用硫酸溶去黃化銅碳酸銅輕黃化銅，變為溶液，濾隔而出，再加石灰水，使酸性鑛砂變為中性。

可用青化法提取金銀。硫化鎳鉛鋅礦與青化鉀無變化，故金銀礦物，含輝鎳礦  $\text{CoAsS}$  輝鎳礦  $\text{NiS}$  方鉛礦  $\text{PbS}$  閃鋅礦  $\text{ZnS}$ ，及黃鐵礦  $\text{FeS}_2$  通常可直接用青化法提煉，無須經過透病法。但金銀包含於硫化礦物內，青化液不易透入，此項礦物，宜先經選礦法選出淨礦砂，再用彈丸磨石機研成幼粉，使金銀顯露，方易為青化液所溶化。但此項淨礦砂，如合金銀成色高，則以鎔煉法，由金屬鉛內提出金銀為最妥辦法。合金銀之鉍礦，亦用選礦法選出鉍礦砂，鎔煉成金屬鉍，然後由鉍內提出金銀。選礦後所除砂尾，如合金銀，仍可用青化法提煉。已經風化之硫化礦物，每含硫酸，損耗青化液，須加入石灰及水，使礦砂變成鹼性，方能用青化法提出金銀。此項有碍青化之酸質，名為阻抗青化物 *Cyanicides*。而加入之石灰，名為保護鹼質 *Protective Alkalinity*。能溶於水之硫化物，如硫化鉀硫化鈉及輕硫氣等，能使已溶之金銀，復變為硫化金銀沉澱，惟若加入醋酸鉛溶液  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ ，則變為硫化鉛，而金銀仍溶解於青化液中，故醋酸鉛常為青化法之副藥劑。與鉛鋅化合之銀礦，不易溶解於青化液，通常用選礦法選出淨礦，以資鎔煉。所除砂尾，乃用青化法提取銀質。銀礦含於磁土及輕錳化錳之內者，與錳質混和甚密，青化液不能透入。須先經煅病法，使輕錳化錳變為多孔之錳化錳，則青化液能溶解其內之銀質。水銀幼粉，經汞引法，往往有少量混入砂尾，但與青化液無變化，故於青化法無礙。惟病礦及燒石灰混入之炭粉，能令已溶於青化液之金銀，還原成為沉澱，故病礦及燒灰時，宜令所含炭粉，完存焚化方可。含牽鉛之金銀礦砂亦有礙青化，宜先用浮游選礦法，浮去牽鉛方可。樹葉木屑，誤入青化器械內，亦能使金銀沉澱，宜設法隔離。

礦砂所磨至若干幼，始能得提煉成積高，此為礦廠所應解決之問題，宜將礦砂實行試驗，方知其詳也。從前各礦廠每將春碓所出之砂尾，直接用青化液溶浸，惟溶浸時間長，而收獲成積低。現今方法日益改良，往往將砂尾先流入沉積箱，除去水量，然後再將此砂尾



和入青化鉀溶液，裝入彈丸研石機研成粉漿，使礦粉之大部份，能過二百目篩眼，乃取出置於攪動器內，再加入青化鉀液，放入壓縮空氣，攪動十六小時以至四日夜之久，金銀可以全溶。此法將砂尾完全磨成漿粉，名為完全磨漿法 All-sliming treatment 提煉成績甚優，各大礦廠，幾全用此法。祇有南非洲杜蘭斯哇金礦，因礦石太硬，及美國修乎的高打省黑山金礦，因礦石合金無多，故尚將粗砂溶浸於大桶中，而用自然滲漏法，不用完全磨漿及攪動法，因磨漿法費用昂也。

研磨時加入青化鉀溶液，亦為促進金銀溶化之要圖。礦粉於研磨時間與青化液混和甚透，較易溶化。金礦能溶化百份之七十以至八十，銀礦則溶化時間較久，在研磨時內，祇能溶化百份之五以至二十五。有數處礦廠，且於礦石入春槌時，即加入青化鉀液春洗，而溶出之溶液，仍截留再用。此項辦法，欲令礦砂內不致含清水太多，以致需用較多之青化鉀，始能使溶液達一定之度力。蓋用青化鉀液春洗，則礦砂所含之水，自始至終，皆有多少青化鉀在內，而在溶浸時期，祇需加入少量青化鉀，便可使溶液所含青化鉀份量充足也。用完之青化鉀液，又可再用，故廠內無青化液之餘水放出，免致有礙下流食水，而所耗去之水，不外於滲漏後，含在礦粉內之濕氣不能榨出者也。研磨時所用之青化鉀液，比較溶浸時所用為濃。金礦用 0.035% 以至 0.15% KCN 溶液，銀礦用 0.08% 以至 0.20% KCN or NaCN 溶液。如礦砂含酸質，則須加入石灰，使之變成鹼性。如礦砂內含損耗青化液之礦物，則先用清水在春槌內春洗，用選鐵桌選出淨礦砂，所除砂尾，除去水量後，再和青化液在彈丸研石機內研幼。

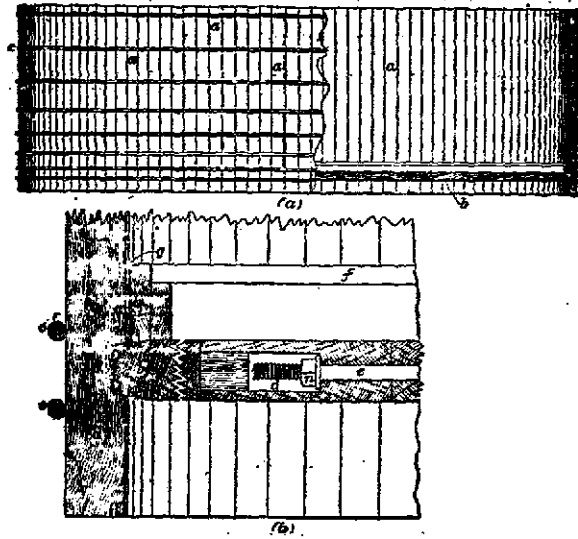
### 溶浸方法 Methods of Dissolving

礦砂之用青化液溶浸，可分為二法。(一)為礦砂及礦漿分別處理法。將礦砂流經水力分砂機，分出較粗之砂，置於盤內溶浸，而用自然滲漏法 Leaching 滲取金銀溶液。由水力分砂機浮出之幼粉及水，

再經過鑛粉沉積箱 *Settler* 或稠結器 *Thickener* 除去大部份水量，將此稠結鑛漿，加入青化液，用攪動法溶化金銀，然後濾取金銀溶液。(二)為完全鑛漿處理法，*All Sliming Treatment* 將鑛砂和青化鉀溶液，在彈丸研石機內研成鑛漿，能過一百五十目篩以下。將此鑛漿，再和入青化鉀溶液，使液體變稀。將此液體用抽水機抽入攪動箱用機械或空氣攪動，使金銀溶化於青化鉀溶液中，然後用滲濾法或用連接泌出法 *Continuous Decantation* 取出金銀溶液。第一法適用於鑛石太硬或合金銀不多之砂尾，如上文所論，南非洲杜蘭斯哇，及美國修乎的高打省黑山，仍用此法。第二法最為通用，凡合金銀之淨鑛砂及砂尾，皆適用之。但若鑛砂內如含有礙青化之鑛物，則宜加入適量之副藥劑，如石灰或醋酸鉛等，全入研石機研磨，使鑛物變為無礙，然後再加入青化液再研。所用之溶液，亦有於尋常青化鉀液之外，再加入青化溴或青化汞鉀者，如上文所論。至若煇法則祇適用於選淨之鑛砂，合金銀豐富者，經透煇後，再用研石機和青化鉀液研磨。砂尾通常不用煇法而用加入副藥劑法。青化溶液，所通用之器械為彈丸研石機，水力分砂機，鑛粉沉積箱，及鑛漿稠結器，此項器械，已詳見於上文第三章。其特別器械，鑛砂溶滲法，需用溶滲盤。鑛漿攪動法，需用機械攪動器或空氣攪動器。茲分別論之如下。

### 溶 滲 盤 *Leaching Vats*

一百五十目以上之鑛砂，不含泥土或鑛漿者，溶液經過自能滲漏而出。若與土漿混合，則不能滲漏，故鑛砂未入溶滲盤以前，宜用水力分砂機，浮去泥土鑛漿，另行用攪動法溶浸。溶滲盤用木板製或用銅片製，就地有木材可取者，以木製為廉，否則不用銅片製者為耐用，且不易爆裂。木製之溶滲盤如第一百一十七圖，盤徑二十以至四十英尺，深三以至六英尺半。盤圍板 *a*，為二·五英寸厚闊英寸濶之松木或杉木板。*b* 為底板，用三英寸厚木板合成，此板之

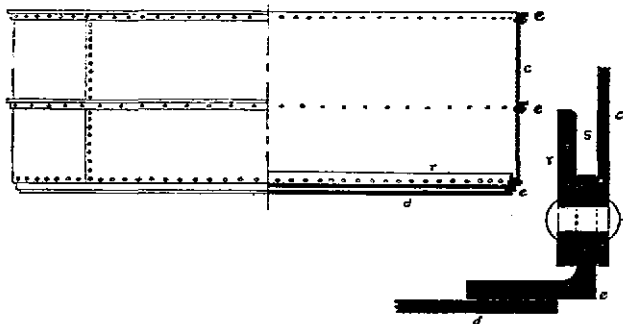


第一一十七圖

並合法如圖內所示，將板心鑽穿，貫以六分徑之鐵枝，兩頭用螺絲絞緊。中央之板較長，貫入鐵枝較多。旁板較短，祇貫二條鐵枝，乃由中央板之中段透出者。絞螺絲處，將板心鑿一小孔，以便藏入螺絲頭，如圖中 *d* 為小孔，*n* 為螺絲母，*e* 為鐵枝。底板之周邊，藏入於圓板之淺槽中，如圖中 *b*，此淺槽離板脚六英寸高。圓板外邊，用鐵箍箍緊如圖中 *c*，此鐵箍或用扁鐵或用圓鐵枝屈成。箍之接口處，一頭屈成長方套形，一頭絞螺絲，貫入套內，用螺絲母絞緊，如此則鐵箍箍緊盤圍，不致漏裂，底板藏於盤圍淺槽內，亦不致漏水。所用之板，先經乾透。製盤時先繪詳圖，令木板接口處悉照尺寸對合刨平，則箍成之後，時常有水浸濕，木板漲大，永不漏水。此項膏化液承載盤，木板接口處，不能塗以白鉛粉油，蓋膏化液能溶解白鉛油，接漏更甚也。盤底 *b* 之上，有木板製成之環 *t* 及 *s*，承載穿孔板 *f*。穿

孔板之上，鋪以椰衣席或帆布，作為滲漏底。布之週邊，藏入於木環外之隙 *g*，並用麻索藏入隙上，以妨幼砂漏下。

鋼片製之溶滲盤，如第一百一十八圖。盤底及盤圍用一分半厚鋼，



第 一 百 一 十 八 圖

片釘造。盤底週邊及盤圍外週，有環形之角鐵 *e*。底片 *d* 及圍片 *c* 用鍋釘連固於角鐵環。此鐵環分作數個弧形段，而鋼片亦分作數段。鋼片之孔及角鐵環之孔照部位鑽妥，先在製造廠內暫用螺絲釘拚合，將各段部位號數註明，然後拆開，以便運輸到礦廠後，可用鍋釘拚合為一。各處接口，有鍋釘聯固，不致漏水。盤之內外，塗以赤色氧化鐵與煤油吧嗎油和合之油。盤內近底處有鐵環 *r* 承載穿孔片。此穿孔片上鋪帆布，而以麻索封密布邊於 *g* 隙中。鋼片盤之大者，徑七十英尺，高十二英尺。

盤底之滲漏器或用穿孔木板；上鋪椰衣席或帆布，如上文所論。或不用穿孔板，而用縱橫間格之木條，上鋪棕席及帆布，如第一百一十九圖甲。*a* 為一·五英寸厚，三英寸高之木條，橫置於盤底，木條與盤底相貼處，開有缺口 *b*，以便溶液流通，此木條相離六英寸。其上為一英寸方木條 *d*，相離一英寸，釘固於木條 *a* 上。再其上為棕席及帆布 *f*，布邊突出於鐵環 *e* 外，用麻索 *g* 藏入於隙 *g* 中。或不

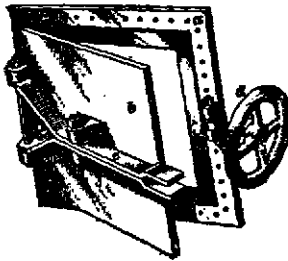
用棕席帆布而用碎石粗砂作滲底者，如第一百一十九圖乙。橫木條 a 之上，釘以縱木條 c，此木條之橫截面為三角形，高三英寸。木條



第一百一十九圖

之間，成為 v 形隙，隙間先鋪一層碎石 d，其上為砂粒層 e，再其上為粗砂 f。此項濾滲底，較帆布底為廉，但祇適用於人力鑛出砂尾之盤，不適用於水力沖出砂尾之盤，因此粗砂亦為水所沖出也。

盤內殘完之砂尾，如用水力沖出，則須配以放砂門，此門或鎖於盤底，或鑱於盤旁，而以盤旁放砂門，便於啓閉。第一百二十圖，為



第一百二十圖

盤旁放砂門圖。a 為鐵架，彎度適與盤圍之外週適合，用螺絲釘連面於盤圍近底處。b 為鐵門，與鐵架接合處，車削平滑，並用樹膠片作墊，以妨漏水。此門藉橫門 c 及螺絲手輪 d 壓密於鐵架外。

盤底溶液之放出，配有鐵喉二條，其一放出濃液，其一放出稀液及洗水。濃液經澄清後，可流入鉀

絲沉澱箱。稀液及洗水則放回儲蓄池內，留作下次用。此喉可與抽水機相連，將溶液用吸力抽出，則濾滲底下，變成一部份真空，而溶液之滲透更速。

### 溶滲盤之用法

鑛砂除去土漿後，由水力分砂機之箱底流出，可接以帆布喉，直接放入於溶滲盤內。若相離過遠，則或用運環運礦帶或用礦車運入。

鑄砂在盤內，分佈宜勻，盤上有吊橫機進，使鑄車行走於其上，以便分佈鑄砂。如鑄砂含有硫酸質或硫酸鐵等，則裝入時，陸續加入石灰，使之變為中性。石灰加入之多少，須由實驗而定，通常每噸鑄砂加入一磅以至五磅。鑄砂裝滿後，用人工鏟平，然後由盤底濾漏器下之鐵喉，用抽水機輸入清水，使石灰與酸質化合成為硫酸鈣，如此則無礙於青化液。所以由盤底入水而不從盤面注水者，因水從濾漏底上升，分佈較勻，不致流成小溝於砂內也。此項先加清水及石灰之辦法，名為事前浸洗法 Preliminary Washing 如鑄砂內含有黃鐵礦或其他硫化鐵物者，必須用此法除去酸質，方不致損耗青化液。如鑄砂內含有可溶之硫化鈉等質，並須加入醋酸鉛溶液，（通常每噸鑄砂需用醋酸鉛半磅以至二磅。）浸洗時間，約需四以至六小時，然後開放濾漏底下之鐵喉，使洗鑄水流出不用。第二次所加入，為青化鉀溶液，通常先加入稀液 0.05% 以至 0.10% KCN 以便替換留在鑄砂內之洗鑄水。此稀液亦由盤底輸入，至浸過鑄砂面後，停留二以至三小時之久，然後開放盤底喉型，濾出稀液，流入稀液儲蓄池中，以備下次再用。第三次加入，為青化鉀濃液，0.20 以至 0.25% KCN 亦由盤底輸進，至浸過鑄砂面後，即開放盤底喉型，使其濾出。濾妥後，復將此濃液由盤底輸入，浸過鑄砂面後，復濾。如此數次，至濾出之液，含金銀成份，與試驗所得者相同，便知溶化工作已完，可將此溶液流入澄清池內，以備淨絲沉澱。所以不令濃液留在盤內，俟溶化已完，然後濾出者，因鑄砂內必需養氣始能使金銀溶化，若鑄砂浸在青化液內，而無空氣輸入，則許久亦不溶化，故用循環輸入及濾出法，使空氣得入鑄砂內也。濃液之輸入及濾出之次數及時間，各處鑄砂不同，易溶之金鑄，需時二日，難溶者需時五日。（杜爾斯哇金鑄需時五日，連事前浸洗，及溶後再洗時間共需十二日以至十五日。）銀鑄需時十以至二十五日，始能溶化完畢。倘若流出之溶液所含之青化鉀，已減去 0.03%，則宜再加入青化鉀於液內，使回復 0.20—0.25% 度方，始再行輸入。銀鑄需用青化液較濃，通常為

0.50—0.75% Na CN or KCN。濃液既落完全後，將濃液濾盡，流入於濃液池或澄清池中。第三次所加入為青化鉀稀液，由稀液儲蓄池流回，亦由盤底輸進。此次所加入之稀液，目的為洗淨鑛砂內所含之金銀溶液，稀液由盤底輸進，浸滌後由盤底鐵喉，用抽水機抽回於稀液池。洗完後，第四次所加入為清水，此時可由盤面加入，由盤底之鐵喉用抽水機吸出，以促進滲漏率，此項最後加入之洗鑛水，抽出後通常含青化鉀 0.03—0.04% 合金銀微量，可儲於池內，以備作為青化鉀稀液之用。

### 機械攪動器 Mechanical Agitators

凡由水力分沙機浮出之幼砂，每含泥土，用繩結器除去大半水份後，往往膠粘成塊，溶液不能滲透，而由彈丸研石機，研幼之鑛漿，亦因質點幼密，互相逼處，中間幾無空隙，可令溶液流過。此項鑛漿泥土，若置於溶液池內，令溶液滲漏，非特許久不能漏出，且溶液分佈不勻，鑛質甚難溶化，而提煉成績極低。故此項鑛漿泥土，必須用攪動法，使質點浮於溶液中，不致沉底或結合成塊，庶鑛質微點，能與溶液接觸，而起溶化作用，此不特金銀鑛為然，即其他銅鋅鉛鋅等鑛漿之用濕法提煉者，亦皆須攪動也。攪動法有用機械者，有用壓榨空氣者，亦有機械與壓榨空氣並用者。機械攪動器又分為頂上轉動 Top-driving 及底下轉動 Bottom-driving 二種。頂上轉動之機，旋轉齒輪在溶液盤之上，大至與多爾氏連接繩結器相類似，Dorr Continuous Thickener 見上文第三章第五十六圖。底下轉動之機，旋轉齒輪在溶液盤之下，大致與銀汞齊水銀沉積盤相類似，見上文第一百一十三圖。二者之中，以底下轉動之機為通用，杜爾斯哇墨西哥及澳洲哥路歌羅 Kalgoorlie 金銀鑛皆用之，因其旋轉輪軸，配置穩定，需用運轉馬力較省也。盤內攪動鑛漿之十字臂，鑛以披片多件，令鑛漿及溶液向盤週流動。而盤週上載，鑛以螺旋向之鐵翼調件，與銀汞引滲盤所用者相同，見上文一百一十二圖，所以令



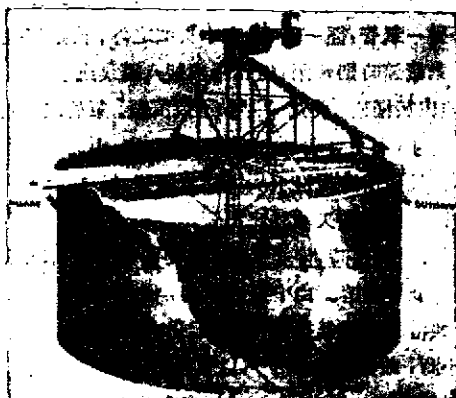


噴起喉，喉徑等於桶徑之十份一，喉之下口，高於桶底十八英寸，上口低於桶口二十三英寸，如圖中所示。壓縮空氣，放入桶內，共有二路。其一由中央喉內之氣管直達於喉之下口，此管徑一·五英寸。管內空氣壓力，高於桶內鑛漿溶液之壓力，空氣噴出，與喉內之鑛漿溶液混和，體質較喉外者為輕，故噴起，由喉之上口放出，復流回於桶內。另一氣管，徑一英寸，在中央喉之外，直達桶底，此管之氣掣，於攪動鑛漿時則關閉，但當桶內裝入鑛漿或放出鑛漿時則開放，令空氣噴出於桶底，使鑛漿浮動不致沉積。氣管之外，復有水管一條，徑二英寸，與中央喉外之環形水管相連，由此環形水管，分作八條放射管，注射溶液或洗水於桶底之鑛漿。鑛漿及溶液由抽水機抽入桶內，同時開放中央喉外之氣管，令鑛漿浮動。及至鑛漿溶液已滿至離桶口三英尺時，停止裝入，並開放中央喉內之氣管，關閉喉外之氣管，令鑛漿溶液由中央喉噴起，復流回於桶內，如此循環不已，鑛粉與溶液及空氣接觸，金銀溶化。攪動時間，金鑛需時十六以至二十小時，銀鑛需時四十八以至九十六小時。鑛漿溶液內，乾鑛粉一份和入溶液一份半。金鑛溶液含青化鉀 0.10-0.25%。銀鑛溶液含青化鈉或青化鉀 0.2-0.5%。攪動桶之尺寸，如圖中所示，高四十四英尺，徑十四英尺者，每分鐘需用空氣一百立方英尺。初攪動時，鑛漿壓力較大，需用空氣壓力每平方英寸五十磅，始能噴起。及至鑛漿已流動後，則祇需空氣壓力每平方英寸二十五磅。此桶裝載鑛漿溶液共重一百八十噸，壓氣需用馬力三匹半。攪動既完，鑛漿及溶液由桶底之放砂孔，同時放出，入於濾漏器。此放砂孔徑五英寸，在錐形底之旁，有門可啓閉。全桶承以圓柱形鐵圈，並用環形角鐵圍箍。

### 機械空氣攪動器 Mechanical-air Agitators

此項攪動器，最通用者為多爾氏攪動器，購置費及日常費用，皆比柏朱架攪動桶為廉。柏朱架桶最適用於溶化難溶金屬，如淨鐵砂

葉之含硫化鎳者，或砂尾鎳葉之屬於阻抗磨碎顆粒者，故舉鐵及淨鎳砂漿多用柏米架桶攪動，因空氣充足，攪動透徹，藥礦易溶也。而金鎳砂尾研成之鎳漿，則通常用多爾氏攪動器 Dorr Agitator 攪動，因其費用較廉也。多爾氏攪動器，如第一百二十二圖。鋼片製成



第一百二十二圖

之盤內，中央有旋轉喉，此喉之下部，配以攪動臂二條，臂下鑲以攪動片。盤底有空氣管透入，管口上向，入於旋轉喉，放出壓縮空氣，令盤內鎳漿溶液，由喉內噴起，上升至喉口，復流回盤內，作用與柏米架桶相同。旋轉喉口配有鐵槽二條，隨喉轉動，喉口流出之鎳漿溶液，流入槽內，然後分佈於盤中各部。旋轉喉上部，連固於盤頂旋轉輪軸，如圖中所示，喉及攪動臂鎳漿槽，藉此輪軸旋轉。鎳漿溶液之裝入，由盤口左邊之橫槽，流入於旋轉喉上部之分佈器，由此流下於盤中，復被旋轉臂攪動及壓氣噴起於盤面，經過若干時間後，陸續由盤口右邊之鐵管流出。鎳漿溶液出入之遲速，可以節製，如此循環出入，最適於鎳漿之用連續流出法 Continuous Decantation 溢淨者。盤徑三十英尺，高十二英尺。攪動臂每分鐘旋轉三次，需用

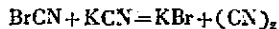
馬力一匹半。空氣輸入，每分鐘三十立方英尺，壓力每平方英寸二十磅，需用壓氣馬力四匹。鑛漿溶液在盤內，深十一英尺半，每份乾鑛粉和入溶液一份半，盤內所載，以乾鑛粉計算，可得一百三十四噸。

### 攪動器之用法

一百五十目以下之幼砂以至極微細之鑛塵土漿，皆適用攪動法溶化。鑛砂研磨之粗幼，視乎所含金銀多少及溶化難易而定。合金銀多而又難溶之鑛砂，如選出之淨鑛砂及碲化金鑛碲化銀鑛等之砂尾，通常研幼至百份之六十以上能過二百目篩。研磨時加入青化鉀稀液及適量之副藥劑，如石灰及醋酸鉛等，以補助溶化作用，如上文所論。研磨既完，將鑛漿及青化鉀稀液，陸續放入於水力分砂機，分出幼鑛漿及稀液，流入於多爾氏鑛漿稠結器內，Dorr Thickener (見上文第三章第五十六圖。)而粗砂則仍送回研石機研磨。鑛漿稀液，在稠結器內，分出稠結鑛漿，(鑛粉一份，含液體一份)由盆底中央鐵管放出，用抽水機抽入攪動器中，同時由溶液池流入青化鉀濃液於抽水機內，令液內乾鑛粉與液體之比為一與一·五之比，而溶液全體度力加濃，至含青化鉀 0.10—0.50%，如上文所論。由稠結器面上溢出之稀液則用抽水機抽回於稀液池內，由此復流回於研石機內。攪動器內如用機械攪動者，須先開機，令攪動臂旋轉，方可放入鑛漿溶液，以免鑛漿沉底，攪動臂難於開始轉動也。如用柏朱架桶及多爾氏攪動器，則鑛漿之裝入及攪動法，如上文所論。鑛漿之放出法，由機械攪動器或由柏朱架桶放出者，皆屬依時放出法，鑛漿在桶內攪動十六至九十六小時之後，然後由桶底完全放出。此法適用於滲漏器之濾淨。如用多爾氏攪動器，則為連接放出法，適用於連接泌出法之泌取淨液。

尋常青化鉀或青化鈉溶液外，有加入青化溴或青化鉀泥液者，適用於含錳磁蹄之金鑛或銀鑛，如上文所論。青化溴之製法，在容量二

百加倫之木桶內，加入五十磅 63% 硫酸  $H_2SO_4$ 。此桶有蓋封密，內有攪動槳，可將溶液攪勻。另將青化鉀 KCN 二十磅，溶化於水，徐徐加入桶內。加入時，有青化輕酸氣放出，此氣甚毒，切勿吸入。以上二液，在桶內藉輪軸攪勻後，再徐徐加入溴化鉀 KBr 二十三磅，溴酸鉀  $KBrO_3$  十四磅。加水注滿桶內，再用攪動槳攪勻，留存待用。用法，先將鑛砂或鑛漿注入青化鉀溶液，俟三小時後，再加入適量之青化溴液，及石灰少量，置入攪動器攪動二十小時，令金銀溶化。青化溴與青化鉀反應，放出青氣，與金銀之結合力甚大，其式如下。



青化鉀汞之製法，將高綠化汞  $HgCl_2$  溶化於水，和入青化鉀溶液中，則汞質與青化鉀化合物成爲青化鉀汞  $K_2Hg(CN)_2$  溶液，此溶液內之汞質與金銀替換，成爲青化金銀鉀之溶液。

青化鈉比較青化鉀所含青質爲高，青化鈉含 CN 53% 青化鉀含 CN 40%。青化鈉一磅之青質等於青化鉀一·又 1/3 磅之青質。而一磅青化鉀祇等於 3/4 磅青化鈉。銀鑛通常用青化鈉溶液，而金鑛則通常用青化鉀液。

青化溶液，如在寒冷地方，須加熱至百度表十五度以至二十一度，始易溶化金銀。青化鉀之溶化力最高時，爲百度表八十五度。

青化鉀之消耗，金鑛每噸消耗青化鉀 0·4 以至 0·八磅。銀鑛每噸，消耗青化鉀一·五以至四磅。鑛石合金銀愈高，則消耗青化鉀愈多，故成色高之金銀鑛，通常用熔煉法或用汞引法提取金銀，而砂尾則用青化法。

攪動器內所用之壓縮空氣，須勿含油質，故壓氣機宜有儲氣箱相連，使油點沉聚箱內。

### 濾泌方法 Filtration and Decantation

鑛砂及鑛漿，用青化液溶浸後，所含之金銀已成爲青化金鉀及青化銀鉀之溶液，必須設法令此溶液與砂土分離，始可加入鈉絲或鈉

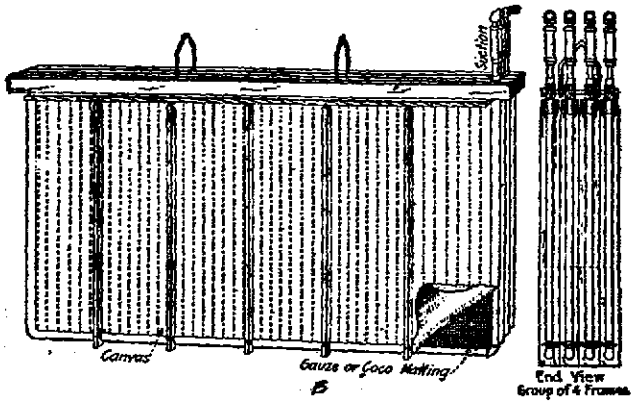
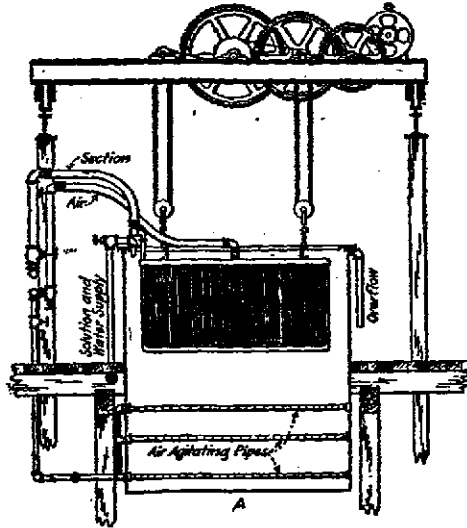
粉，使金銀沉澱。分離之法，或用濾漏法，或用泌出法。鑛砂之濾漏，由溶滲盤用自然濾漏法濾出淨液，如上文所論，無須另設濾漏器械。惟鑛漿之濾漏，不能用自然濾漏法，必須加入外力，使能與溶液分離。此項鑛漿，由攪動器放出者，每份乾鑛粉，含液體一·五以至三份，通常先經稠結器，泌出大部份液體。所餘鑛漿尚含液體百份之五十，然後置於濾漏器中，濾出液體，鑛漿這壓成餅，所含液體，不過百份之二十。再加清水洗淨，再濾，則鑛餅內所含金銀溶液，幾等於零，而提煉成績於以增高。但亦有不用濾漏法而用連接泌出法者，由攪動器流出之鑛漿溶液，流至第一個稠結器，泌取淨液，入於澄清池以便沉澱。而鑛漿則流至第二個稠結器內，與由第三個稠結器抽回之溶液相遇，將鑛漿洗淨，泌出淨液，抽回於第一個稠結器。而鑛漿則流至第三個稠結器再與由第四個稠結器之溶液相遇，再洗再泌，如此，鑛漿陸續洗至最尾之稠結器，將所含之金銀溶液，完全洗出，鑛漿可以棄去。而清化溶液則由最尾之稠結器，陸續抽上於第四第三第二以至第一稠結器，吸收金銀溶液漸多，經過第一稠結器後，液內含金銀最多，可入澄清池而至沉澱箱。鑛漿流動方向與溶液流動方向相反，故連接泌出法，又名為連接對流泌出法，Continuous Counter Current Decantation，費用比較濾漏法為廉，而鑛漿沖洗甚淨，提煉成績亦高，近今各大鑛廠多用此法。但濾漏法亦為常用之法，茲分別論之如下。

濾漏器大致可分為二類，一為吸力濾漏器，又名真空濾漏器，Suction Filter or Vacuum Filter。濾漏室內變成真空，鑛漿溶液，被空氣壓力壓擠，溶液穿濾漏片而入濾漏室內，鑛漿壓乾成餅黏於濾漏室外，可以除出。此項吸力濾漏器，在金銀鑛廠內最通用者，為摩亞濾漏器及畢朵濾漏器，此二者俱屬依時放出式。連接放出式之濾漏器則以柯里化濾漏器為最通用。(二)為壓力濾漏器，Pressure Filter，鑛漿溶液用壓力抽水機抽入於溶液室內，溶液穿濾漏片而出，鑛漿留於室內，壓乾成餅。此項濾漏器有用人工放出鑛餅者，如顯

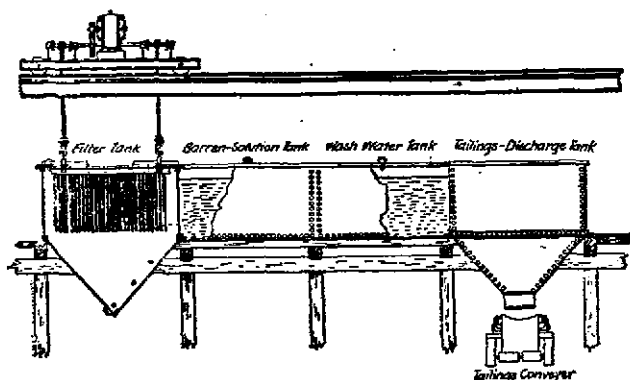
瘦濾漏器。有用蒸汽放出鑛餅者，如騎厘濾漏器是也。有用水力沖出鑛餅者，如士域蘭濾漏器及瑪利盧濾漏器是也。金銀鑛廠之濾漏膏化鑛漿溶液，多用吸力濾漏器，因乾餅在外，易於除去。若為壓力濾漏器，則乾餅在內，難於除去，故濾漏多量之鑛漿溶液，甚少用壓力濾漏器也。惟用水力沖出乾餅之壓力濾漏器，尚屬利便，但祇適用於水源充足之鑛廠，同時將鑛漿用水沖去，無須截留者也。濾漏金銀沉澱，由鋅粉或鋁粉沉澱法所放出之溶液及沉澱，則通常用壓力濾漏器濾出膏化液，以便再用。濾漏室內裝以鋅粉或鋁粉，金銀溶液濾壓而出，沉澱較為完全也。茲將各種濾漏器，分論如下。

### 摩亞吸力濾漏器 Moore Suction Filter

此器之全形如第一百二十三圖 A 示。有扁方形之濾漏室二十四個，夾持於木架內，成為四方箱形。每室之上，有溶液分管，與總溶液管相連，用吸力抽水機吸出室內溶液。全箱用鐵鏈懸掛，可升高及降低。鐵鏈掛於走動車，可沿鐵軌走動，如圖中所示。濾漏時，將全箱降低，沒於鑛漿溶液池內，池底有壓榨空氣管攪動鑛漿，使之浮起，黏結於濾漏片外，溶液則被吸入於濾漏室中，由溶液管吸入於溶液抽水機。鑛漿在濾漏片外，壓成一層鑛餅，厚  $\frac{3}{4}$  英寸，約需時四十分以至一百二十分。鑛餅成後，將全箱升高，將室內餘液抽乾，室內半成真空，乃用電機將全箱移至新鮮膏化液池內（不含金銀之膏化液）如第一百二十四圖所示，吸取新鮮膏化液，洗淨鑛餅所含金銀溶液，吸出之液，可留待下次再用。洗完後，再將全箱移至清水池內，吸取清水再洗淨。最後移至砂尾放出斗中，將壓榨空氣放入濾漏室內，噴離鑛餅，墜於砂尾斗中，由此裝入運環運鑛帶上運去，如圖中所示。濾漏室之構造，詳見第一百二十三圖 B，室上為木條，長十二英尺四寸，厚二英寸半，高四英寸半。木條兩頭鑽孔，穿入  $\frac{3}{4}$  英寸徑之鐵管，此兩鐵管之下，用曲通與橫鐵管相連，此橫鐵管之上面鑽有小孔多個，以便溶液吸入管內。鐵管與木條之間，為濾漏面



—Moore suction filter.



第一百二十四圖

積，長十二英尺，闊六英尺，此濾漏面或用椰衣席作底而用帆布在面，但現在俱用5/16英寸方木條，縱橫相間，鑲入鐵管木條之間，作為濾漏底。而外面則用帆布四圍包裹縫密，帆布之面，再用木條釘壓，如圖中所示。鐵管之一頭突出於室上，與總溶液管相連。每室之中線，相距六英寸，室外帆布面相離五英寸二分。全箱共有二十四個濾漏室，濾漏面積，共有三千四百五十六平方英尺。此項濾液器，通常用兩副連環替出，每日夜二十四小時，可濾乾鐵粉一百以至一百二十五噸，乾餅厚3/4英寸，每次濾得乾鐵粉七噸。

### 畢朵真空濾漏器 Butters-Cassell Vacuum Filter

此器之濾漏室，構造大致與摩亞濾漏室相同，室四週用鐵管作架，其上為方木條，室中央用椰衣席作底，其外裹以帆布濾漏面。室長七英尺，高五英尺，室之中央線相距四英寸。八十個濾漏室相聯，共成一長方箱，懸掛於溶液池內。此項濾漏器與摩亞濾漏器不同之點，在乎全箱懸在池內不動，而池內則先放入鐵漿溶液，開機吸取溶液，俟濾漏室外，積成3/4英寸厚之鐵餅，即將鐵漿溶液由池底用抽水

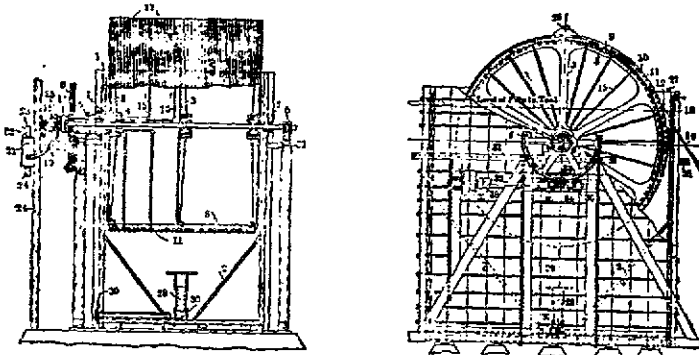


攪吸去。用噴管洗淨池內鑛漿，另放入新鮮青化液，用吸力抽水機由濾漏室吸入青化液，洗淨鑛餅。由池底放出青化液，池內再注入清水，吸水洗淨鑛餅。然後輸入壓榨空氣或清水入於濾漏室內，噴離室外黏着之鑛餅，墜於池中，用水力由池底之門沖出。

### 柯里化連續吸力濾漏器

.Oliver Continuous Suction Filter

此器如第一百二十五圖，為圓鼓形之木桶，橫置於鑛漿溶液池內，



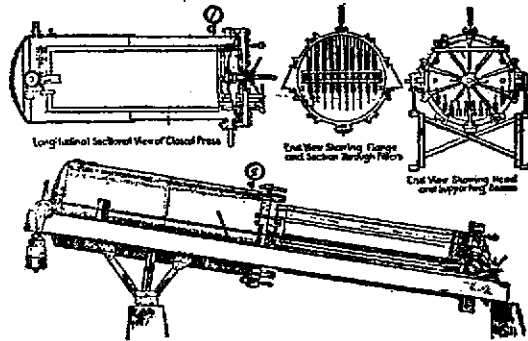
第一百二十五圖

徐徐旋轉，鑛漿結結於鼓週濾漏室之帆布面上，溶液由室內吸出。鼓週旋出於溶液池水面之後，即遇噴水器，將清水微點噴於鑛漿面上，復由濾漏室吸出，以便洗出鑛液所含之金銀液。及至鼓週旋至最後位置，未入溶液水面之前，壓榨空氣，輸入濾漏室，將鑛餅噴離，並有噴水器洗淨帆布面，而鼓週復旋入於溶液水面下，再吸收鑛漿。圖內 1 為鑛漿溶液池，有斗形底 2。3 為鐵臂，支柱鼓週。鼓週之內層為不透水之木圍 8，其外層為帆布濾漏面 9。木圍及濾漏面之間，為濾漏室，環繞於鼓週，但用一寸方木條 10，將鼓週分為二十四個

濾漏室，不相通連。室內釘以短木條以作帆布底之支柱。每室有二條四分徑鐵管透入，其一為15，用以吸出室內溶液，其一為16，用以輸進壓縮空氣於室內。此二十四條溶液管及二十四條壓氣管，由鼓心之空心軸4透出，與一件圓鐵片相連。此鐵片有小孔四十八個，分作內外兩週排列，外週之孔，與溶液管相連，內週之孔，與壓氣管相連。與此鐵片相磨貼，並與固定之溶液喉19，洗水喉20，壓氣喉25相連者，為自動啓閉環17。此環有空心環，分為三部份，一部份與溶液喉相通，佔全環之三份二。一部份與洗水喉相通，佔全環之四份一。一部份與壓氣喉相通，佔全環之十二份一。鼓週浸於池內鑛漿溶液之部份，共有十六個濾漏室，藉溶液管及軸心旋轉片之小孔，與固定之空心環溶液室通連，此環有弧形隙，恰與旋轉片外週之十六個小孔相通。及至鼓週再旋上，受清水灑落鑛漿面時，此旋轉片亦隨而上旋，外週之六個小孔，恰與空心環洗水室之弧形隙相通。及鼓週旋至最後位置，則旋轉片內週之小孔恰與空心環之壓氣室相通，而壓氣由鐵管16，入於濾漏室內。鑛漿溶液池之底，有鐵管28，放入壓縮空氣，使鑛漿浮起。木鼓徑十一英尺半，鼓週面闊八英尺。帆布濾漏面積二百九十平方英尺，面上有鋼線圈11個箍布面。鑛餅厚一分半以至三分。木鼓每四分鐘旋轉一次，每日夜二十四小時，濾得乾鑛粉六十噸。

### 騎厘壓力濾漏器 Kelly Pressure-filter

此項濾漏器與吸力濾漏器相異之點，在乎鑛漿溶液用壓力輸入濾漏室內，溶液穿過濾漏片而出，鑛漿則留於室內，黏結於濾漏片面，被壓成餅。濾漏室有祇用一個者，如騎厘濾漏器是也，有用數十個相聯者，如顛厘濾漏器，士域蘭濾漏器，瑪利盧濾漏器是也。第一百二十六圖為騎厘濾漏器之剖面圖，及外形圖。有公共之濾漏室一個，室為圓桶形，用鋼片製成，徑四英尺，長九英尺六寸。此桶斜置於鐵架上，位置固定。套入於桶內者，為可動之鐵架，承托濾漏片十



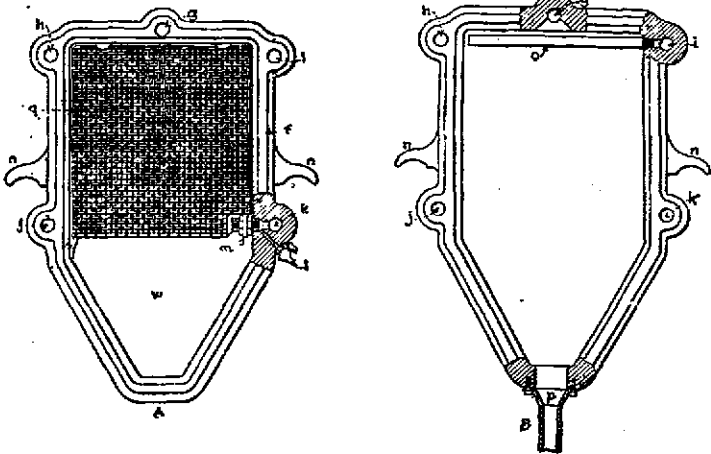
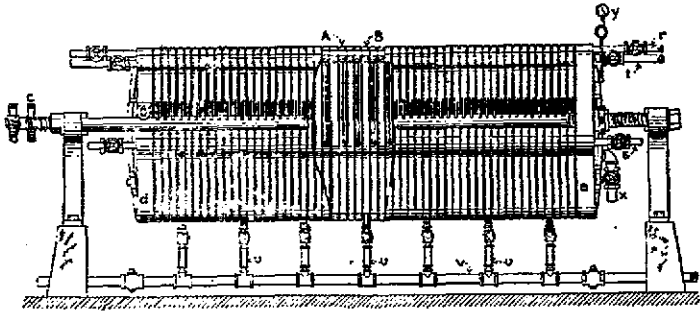
第 一 百 二 十 六 圖

件，此架行動於桶內鐵軌上。架之一頭與桶蓋聯固，蓋旁有輪，行動於桶外鐵軌。全架及桶蓋之重，用鋼鏈及鐵錘平衡，以便移動。桶口有邊緣，與蓋邊密接，並用樹膠片作墊，用螺絲絞緊，以防漏氣。濾漏片為扁長方形，上下有穿孔鐵管各一條，鐵管之間，用鐵線網作底，外套帆布，作濾漏面。下管突出於桶蓋外，流出溶液，上管連接於蓋面之總喉，由此輸入蒸汽或水，以便噴離布面上結成之鏽餅。濾漏片相離四英寸，共有濾漏面積四百一十平方英尺。此器之用法，將桶蓋及濾漏片架套入桶內，用螺絲絞緊桶蓋。將鏽漿溶液，先用壓氣攪勻，使鏽漿浮動，然後用壓力抽水機抽入桶內。壓力初時甚低，繼乃增高，及至桶面氣壓表已達五十磅力時，濾漏片上所積鏽餅厚一·五英寸，乃停止抽入鏽漿溶液，將溶液漏出管關閉，將蓋面總喉與吸力抽氣機相連，使濾漏片內一部份變成真空，令鏽餅黏實於片上。乃開放桶底之閥，使桶內所餘之鏽漿溶液完全放出，同時加入壓氣於桶內，促進溶液放出。放盡後，再抽入新鮮青化液，洗淨鏽餅內所含之金銀溶液，此時壓力應增加至六十磅，始能使液體濾過壓實之鏽餅。洗淨後，將桶內所餘青化液放出。再抽入清水於桶內，再將鏽餅洗淨，洗出之水，仍合金銀及青化液微量，可留作下次用。

去桶內所除之水，拆開桶蓋螺絲，移出桶蓋及鐵架，使濾漏片全出於桶外。由蓋面總喉輸入蒸汽或壓入清水於濾漏片，噴離鏽餅，由運鑄帶或水槽流去不用。濾漏洗淨及除去鏽餅時間，約共需一小時，每次可濾得乾鏽粉二噸。

### 士域蘭壓力濾漏器 Sweetland Filter-press

此器如第一百二十七圖所示。有濾漏片 A 及濾漏室 B，重疊相間。各片各室之旁有兩耳 n，同掛於公共鐵架上，用螺絲 C 與頭蓋 d 尾蓋 e 相聯，將螺絲絞緊，則頭尾蓋及各片各室，合成一個不漏氣之密箱。濾漏片 A 及濾漏室 B 之週邊架，皆用生鐵鑄成，兩面刨滑。濾漏片 A 之架有凹槽，藏入橡皮墊 F，而濾漏室 B 之架則有突脊，恰與濾漏片 A 之凹槽相對，當各片各架絞密時，突脊緊壓凹槽橡皮墊 F，而全體不漏氣。濾漏片 A 之上部為濾漏部，鑲以網 q，網下為穿孔鐵喉 m，網面及喉，裹以帆布，作為濾漏面。鑄漿溶液，由濾漏室 B 之上孔 g 抽入，溶液穿過左右濾漏片 A 之帆布面，流入鐵網面，滙流於鐵喉 m，穿出於溶液槽 K，由管口 l 放出。抽入鑄漿溶液之壓力，初時每平英寸三十磅，及鏽餅已積至二英寸厚，則增至六十磅。鑄漿積於濾液室 B 之內及濾液片 A 帆布之外，被壓成餅。積壓既多，可停止抽入鑄漿溶液，而由槽 h 抽入洗水或新鮮青化液，洗淨鏽餅。洗完之後，可由槽 i 抽入多量之水，從 o 管之小孔多個，注射於濾漏室 B 內之鏽餅，復成鏽漿，由室底之孔 p 放出，滙流於砂尾管 u，由公共喉 v 放去。如為金銀沉澱，不用水沖出者，可由槽 j 放入壓榨空氣，將沉澱餅吹乾，然後將各片各架拆開，用人工取出沉澱餅。濾漏片丁方三十英寸，全箱濾漏面積五百平方英尺，鏽餅厚一·五英寸計，每次可濾得乾鏽粉四千五百磅，需時一小時。最近此器之濾漏室及片，改為圓片形。不用方槽形，而室底之斗形槽則縮小，祇在圓週下擴出，成 v 形槽，如此則室內壓力施佈較勻，鏽餅所含水份較少。



第一百二十七圖

## 顛厘濾漏器及瑪利盧濾漏器

### Dehne Filter-press and Merrill Filter-press

顛厘濾漏器，亦有濾漏片及濾漏室重疊相間，其運用大致，與士域蘭濾漏機相同，但鑛餅積成後，不用水力沖出，而用人工拆開各片各室，將鑛餅取出。各片各室之拆開及裝回，頗費時間，故祇適用於規模小之鑛廠，壓取苛化鑛漿溶液。但金銀沉澱物及其他化學製品，則以顛厘濾漏器為通用，因壓成之乾餅，含水份甚少，便於處理也。此器之濾漏片及濾漏室，通常各有四十個，重疊相間。濾漏片丁方四十二英寸，抽水壓力由三十磅增至七十五磅。濾漏面積共計九百平方英尺，鑛餅厚一·五英寸，計每次可濾得乾鑛粉四噸。

瑪利盧濾漏器，最先用於美國修乎的高打省黑山，用以濾漏巨量之鑛漿。此器之構造，大致與士域蘭濾漏器相同，鑛漿溶液由抽水機抽入，鑛餅由水力沖出。濾漏片及濾漏室為長方形，長六英尺，高四英尺，厚四英寸。共有濾漏片九十一件，濾漏室架九十二件，重疊相間，每次可濾得乾鑛粉二十五噸。抽水壓力每平方英寸三十五磅，濾漏沖洗及放去鑛漿時間，共需九十分鐘。此器適用於含泥土甚少之砂漿，若為泥土質之鑛漿，則須用抽水壓力六十五磅，並須用水八噸始能沖放一噸鑛漿。

## 各種濾漏器之選擇及其用法

濾漏多量之鑛漿溶液，當以吸力濾漏器為最通用。世界金銀鑛廠，通常用寧亞或單朵濾漏器。惟近年所出之柯里化濾漏器，尤為盛行，因其工作連續無間，可省人工料理，故近年苛化金銀鑛廠及浮游選鑛場多用柯里化濾漏器。吸力濾漏器，最高吸力不過每平方英寸十二磅，因空氣壓力通常不過十四磅，而濾漏室內不能完全變成真空也。故吸力濾漏器所積成之鑛餅，通常比較壓力濾漏器所積成者為

薄，吸力濾漏器，鑛餅厚  $3/4$  英寸以下，壓力濾漏器，鑛餅厚二以至三英寸。同一面積之中，壓力濾漏面自比吸力濾漏面所儲積之鑛量為多，故壓力濾漏器佔地較少而購致費較廉。但鑛餅過厚，則難於用水洗透，青化金銀鑛漿濾漏，最要之點，在乎鑛餅積成後，能將餅內所含餘液，完全代以清水，始不至損耗金銀，惟吸力濾漏器鑛餅甚薄，故極易洗透也。壓力濾漏器，需用壓力抽水機抽入鑛漿溶液，此項抽水機，常用者為三筒式撞錘抽水機 3-throw plunger-pump，因抽水壓力可以任意增加，而此機不用活塞，而用撞錘，襯墊在外，易於更換，不虞漏氣也。壓力濾漏器所需抽水壓力由三十五磅以至七十五磅，需用運動馬力較巨，故經常費恆比吸力濾漏器為昂。西澳洲哥路歌羅金鑛 Kalgoorlie，初時用壓力濾漏器，每噸乾鑛粉之濾漏費，需美金二角四分，其後改用吸力濾漏器，則每噸費用減為美金八分。故現在金銀鑛廠之濾漏鑛漿，極少用壓力濾漏器，惟美國修平的高打省黑山，則用瑪利盧壓力濾漏器，因該處水源充足，可用水力沖去鑛餅也。濾漏鋁粉或鋅粉所成之金銀沉澱則多用壓力濾漏器，如上文所論，此外若濾漏熱溶液，熱度在百度表五十度以上者，則不能用吸力濾漏器而須用壓力濾漏器，因溶液加熱則放出水蒸汽，與外間空氣壓力相消，而吸力失其效用也。凡鑛漿溶液之入濾漏器時，必須豫先攪動，使幼砂土漿溶液和勻，方能在濾漏面上結成均勻之鑛餅，此項攪動器械，或為空氣噴管，或為旋轉撥，俱置於鑛漿溶液池底，如第一百二十三圖所示。濾漏器之帆布面，日久為石灰或土質所閉塞，可用淡鹽酸水洗淨，洗法，將一份濃鹽酸，和入一百份清水，抽入濾漏器內，流過帆布面，歷一小時之久，石灰土質，可以完全溶化。

## 連接對流泌出法

## Continuous Counter-Current Decantation

用濾漏器由鑛漿濾出金銀溶液。每噸乾鑛粉之濾漏費，需美金八分以至二角四分，鑛餅內仍含金銀溶液，每噸值美金三分。用連接泌出法泌出金銀淨液，每噸鑛粉處理費，祇需美金四分以至一角，鑛漿內仍含金銀溶液每噸值美金三分半。二者比較，泌出法所獲淨利較多。但鑛漿之適合泌出法者，必須含砂質多而泥土少，幼粉易沉聚，而沉後之鑛漿，所含水份不過十份之五，方能有利，否則需用稠結器太多，手續煩而費用亦巨也。第一百二十八圖為連接對流泌出法之經過手續，鑛石用壓石機壓碎後，在舂槌內和青化鉀溶液舂幼，流出於多爾氏分砂機Dorr Classifier。鑛漿溶液，浮出於第一個多爾氏稠結器，而鑛砂則流至克定治研石機Hardinge Mill 研幼，至能過一百五十目篩以下，研後之鑛漿，用抽水機抽回於多爾氏分砂機。將鑛漿分出。此項鑛漿，與由舂槌來之鑛漿溶液，滙流於第一圖多爾氏稠結器，每份乾鑛粉，和入青化溶液六份，溶液內每噸含青化鉀一磅，保護雜質P.A(即石灰)一磅，鑛粉每噸含金質值美金五元。溶液在第一圖稠結器之盤面分出，流出於澄清池而至鉍粉沉澱池。鑛漿由第一圖稠結器之盤底流出，每份乾鑛粉，仍含溶液一·五份，放入於兩個多爾氏攪動器，將鑛漿攪動，金銀全溶，乃將鑛漿溶液全體放入於第二個多爾氏稠結器。此處添入由第三個多爾氏稠結器流回之溶液，攪勻後，將溶液分出，用抽水機抽回於溶液儲蓄池，由此再放入於舂槌內。由鉍粉池流出之淨液，先流至淨液儲蓄池，再放入於第三個多爾氏稠結器內，與第二個多爾氏稠結器流來之鑛漿攪勻，分出溶液，流回於第二圖稠結器內，而鑛漿則放入於第四個多爾氏稠結器。此處與由第五個多爾氏稠結器流來之溶液相遇，和鑛漿攪勻後，將溶液抽回於第三圖稠結器，而鑛漿則放出於第五圖





器而來，與鍍漿相遇，溶化金銀漸多，及至第一個稠結器之後，溶液所含金銀最富，可以放入鋅粉沉澱池。而鍍漿則由第一個稠結器，流至最後之稠結器，逐漸放棄所含之金銀，及至最後之稠結器，鍍漿所含金銀，幾等於零，可以棄去。

### 溶液澄清法 Clarifying

青化金銀溶液，由濾漏器濾出或由稠結器沁出者，通常仍含土漿少量，須設法澄清，始可放入於鋅絲沉澱箱。澄清之法，或用澄清池，與上文所論之溶滲盤相同，盤底用沙漏，如第一百一十九圖乙，沙眼日久為土漿所塞，可改換新沙，或將溶液再抽至第二副濾漏器濾淨，此器之帆布孔，先用抽水機抽入幼砂和水，使幼砂填敷布孔，然後再抽入含土漿之溶液，則濾出之液甚清，可以裝入金銀沉澱箱內。

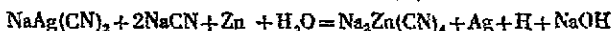
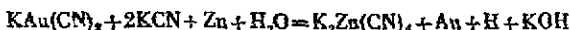
### 金銀青化液之沉澱法

#### Precipitation of Gold and Silver From Cyanide solutions

在青化金銀溶液內，使金銀復還原，其法有多種。(一)用鋅絲箱沉澱，(二)用鋅粉和溶液在池內攪動，(三)用鋁粉和溶液在池內攪動，(四)使溶液流經炭粉池，(五)用電解法使金銀還原，同時與汞引法並用，令金銀鍍於水銀銅板上。五者之中，現今所通用者，祇有鋅絲鋅粉鋁粉三法。炭粉法沉澱太緩，電解法積成之金銀，與水銀銅板結結牢固，難於清理，此二法現今已廢棄不用。

#### 鋅絲箱沉澱法 Precipitation in Zinc Boxes

鋅絲沉澱法，始創於一八九〇年，其初為加蘇博士 Doctor Cassel 所發明，惟轉售其創作權於寬了朶科黎氏 Mac Arthur Forrest 自此法發明，而青化金銀方法，方詭施於實用，蓋以合金銀微量之青化液，別項方法，不能沉澱完備也。青化金銀之與鋅交換，還原成為金銀沉澱，其化學式如下。



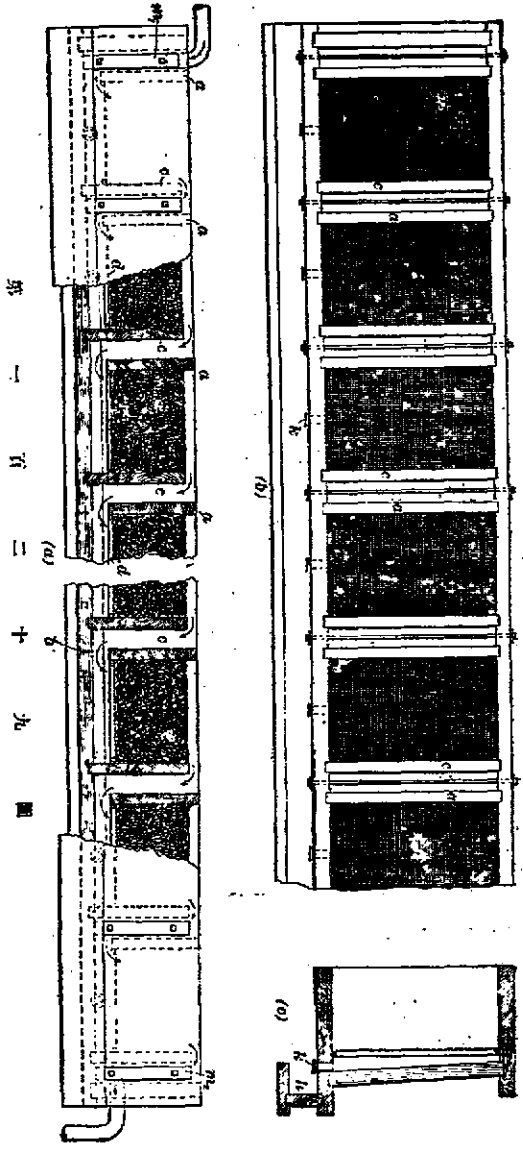
照以上二式計算，一併鋅可以沉澱三條金或一併半銀，實際上每安士金銀之沉澱，耗去鋅半磅以至一磅，因鋅亦能溶於青化液成爲青化鋅鉀  $\text{K}_2\text{Zn}(\text{CN})_4$  溶液也。青化液之由鋅絲箱流出者，可復用以作爲洗鍍液，或青化液，但如含青化鉀太多，則須加入硫化鈉，使成硫化鋅沉澱，而青化鉀復原，其式如下。



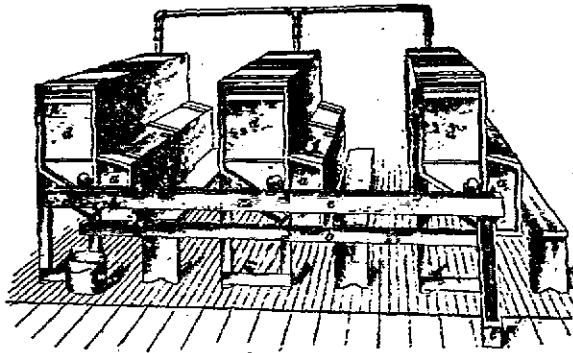
但此項硫化鈉，通常毋庸加入，因青化液內之輕質鈉  $\text{NaOH}$  或輕質鉀  $\text{KOH}$  能與鍍液內之硫化鎳物化合，成爲可溶之硫化液也。此項硫化液太多，亦有妨於金銀之溶化，故通常加入醋酸，使成硫化鉛沉澱，方不致有礙於金銀之青化，上文已曾論及。

鋅絲之製法，乃用鋅片在車床上割成。鋅片厚 0.1—0.4 英寸，徑十二英寸。用十二件鋅片合成一圓碟，置於車床上，用鐵片夾緊碟心，而用車刀割製碟邊，可成極薄之鋅絲，此鋅絲藏入沉澱箱內，每立方英尺，僅重六磅。鋅絲之薄如紙，用磷寸燃之可着火。

鋅絲沉澱箱之構造，如第一百二十九圖所示，爲長方木箱形，內分七格。每格闊二十四英寸，長十五英寸，深十二英寸。每格之間，有橫格板  $a$  及  $c$  各一件，相離三英寸。 $a$  板與箱面平， $c$  板與箱底平。格內有漏底  $d$  一件，離箱底  $b$  三英寸，漏底用穿孔鐵片，或用鐵線網造成。格內鋪裝鋅絲，與  $c$  板之上邊平，如圖中所示。青化金銀溶液，由箱頭之管經過鐵片  $m$ ，流入，再經過  $a$  板底，上行，入於鋅絲格。金銀被鋅絲沉澱成爲黑粉，墜回於漏底  $d$  之下，箱底  $b$  之上。溶液則上升至格面，經  $c$  板之上邊，復折而下行，流經  $a$  板之下而復入於第二鋅絲格。由此上下流行，如圖中箭矢所示，經過六格鋅絲之後，金銀可以完全沉澱，惟至最後之格則不載鋅絲，以便在上格之金銀沉澱，被水流挾帶而至者，可截留於此格之漏底片上。溶液經過此最後之格後，上行，經過鐵片  $m_2$  之隔，流出於箱尾之管。鐵片  $m_1$  及  $m_2$



爲潤二英寸厚三分之扁鐵，豎於 $a$ 板與 $c$ 板之間，中留空隙，使溶液分道流過。箱板材料，爲二英寸厚松木板，隔板 $a$ 及 $c$ ，爲一·五英寸厚松板，接口處有榫槽藏入板頭，並用螺絲鐵絞緊，如圖中所示，可不漏水。此螺絲鐵穿過鐵片 $m_1$ 及 $m_2$ ，透出於箱旁，用螺絲母絞緊。現在之鋅絲箱，多用斜底式，如第一百三十圖，斜底之旁有旁槽 $h$ 。清理金銀沉澱時，可放開箱旁之樹膠塞 $K$ ，放水入內沖刮金銀沉澱，流出於旁槽 $h$ ，如第一百二十九圖。如此，則金銀沉澱，自然流出，可免人工取出之勞。旁槽 $h$ 上，有蓋加鎖，以防盜竊。箱內塗以吧瑪油及瀝青，以免滲水。



第 一 百 三 十 圖

鋅絲內須勿含砒銻雜質，否則有損青化液，惟以畧含鉛質爲宜，令金銀沉澱較速。每一立方英尺鋅絲，每日夜疏通二噸青化金銀液，可令金銀完全沉澱。沉澱成紙，常達百份之九十五以至九十九，由鋅絲箱流出之青化液，祇含金銀微量。欲沉澱成紙高，須注意以下五點：（一）溶液內宜勿含銅質，否則鋅絲爲銅質所蝕，有礙金銀沉澱，含銅之金銀礦砂，須經選礦法選去銅質，方合於青化法，上文已曾論及，但如砂尾內仍含銅微量，爲青化液所溶，則須設法防止銅

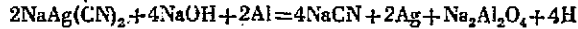
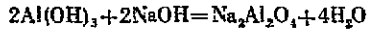
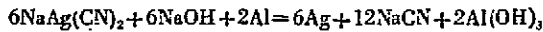
質鍍於鋅絲面上。防止之法，或加入濃青化鉀液於溶液內，或陸續加入醋酸鉛溶液於鋅絲箱內，可免銅質沉澱。(二)溶液之入鋅絲箱者，須含青化鉀或青化鈉足量，方能起化學作用，而使金銀沉澱，如上文化學式所示，蓋青化鉀鈉之一部份變為輕養鉀鈉也。(三)青化液內如用輕養鈉  $\text{NaOH}$  作保護鐵質，則在鋅絲箱內，不免發生灰白色之青化鐵鋅  $\text{Zn}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$  有礙金銀沉澱，惟用石灰作保護鐵質，則可免此弊，但若用石灰過多，亦能積成薄膜於鋅絲上，而金銀沉澱不完。(四)青化液內若含有機物，則在鋅絲箱內，發生輕氣太多，成為泡沫，阻礙金銀沉澱之積聚，但青化液曾經空氣擾動，已成養化者，可免此弊。(五)青化液曾經空氣擾動者，若含養氣過多，則在鋅絲箱內，能令鋅絲養化而致損耗鋅絲太多。現在有用哥盧威真空方法 *Crowe vacuum process*，使青化液流經真空箱內，用吸氣機吸出液內所含之空氣者，據云，用此法可節省一半鋅絲。但鋅絲箱內通常有輕氣放出，與養氣化合成水，並無防礙。

鋅絲箱內，若金銀沉澱適宜，則在第一格內，沉澱最多，金銀成為褐黑色之粉，蓋於鋅絲面上，漸積漸多，因而脫離，沉聚於漏底之下。鋅絲面上，曾蓋有金銀黑粉者，其沉澱金銀能力，比較新鮮鋅絲為強，故第一格鋅絲，日久消耗，可將第二格之鋅絲移置第一格中，而將第三第四格之鋅絲，依次移於上格，最後之第六格，則添入新鮮鋅絲，惟箱尾之第七格，則留作空位，令金銀沉澱及鋅絲之被水流挾帶而至者，可截留於空位內。金銀溶液，由第一格依次流至各格，鋅絲箱之斜勢，為每四英尺低一英寸。金銀沉澱在各格內，依次漸少，最後格內之鋅絲，應不變黑色，如變黑色，即為沉澱不完之兆，應將溶液之流速速率減低。每日處理鑛砂一百噸之青化金銀鑛廠，須備有七格之鋅絲沉澱箱五個，以便流過青化金銀溶液，並多備三個，流過淡液。鋅絲箱內，每隔二星期或一月，金銀沉澱既多，可以清理。清理時，停止流入青化金銀液，放入清水，洗去青化液。先將第一格之鋅絲用木棍攪動，使金銀黑粉沉聚，穿過漏底，墜落於斜底，開放

鍋底旁之樹膠塞，放入清水，沖洗金銀沉澱，向旁槽流出。第一格既清理，依次清理其餘各格，並將鋅絲依次移上於各格，補填格內空位，而最後之格，則添入新鮮鋅絲。

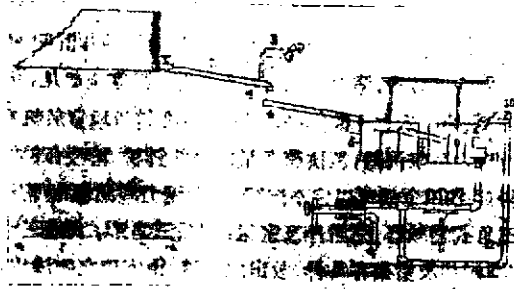
### 鋁粉沉澱法 Precipitation By Aluminum Dust

青化銀鍍溶液，以鋁粉沉澱法為最宜，沉澱後之溶液，不致混濁，所含青質，仍富於溶解力。鋁粉不與青質化合，惟與輕養化合，成為輕養化鋁  $Al(OH)_3$ ，而此輕養化鋁，復溶化於輕養鈉液之中，成為養化鈉鋁  $Na_2Al_2O_4$ 。故溶液內必須加入輕養化鈉，始能有此化學作用，其式如下。



由此式計算，每份鋁粉，可以沉澱四份銀質，而青質復與鈉化合成為青化鈉溶液，可復用以溶化銀質，故祇需加入輕養化鈉於溶液內，而毋庸再加入青化鈉。

加拿大 Nipissing 銀鍍廠，每日處理青化銀鈉溶液六百噸，每噸含銀八·二五安士，用鋁粉沉澱後，每噸溶液，祇含銀〇·一安士，沉澱成積，為百份之九十八，每安士銀需用〇·〇二磅鋁粉沉澱。此



第一一三十一圖

廠之鋁粉沉澱佈置，如第一百三十一圖所示。青化溶液，由澄清池1流出於槽2，與鋁粉相遇。此鋁粉乃由裝粉機裝入，多少可以節製。溶液與鋁粉匯流，由槽4而入於攪動池5及6。此攪動池為鐵片製，用吧嗎油塗抹，池徑六英尺，深四英尺，池中央有旋轉軸，鑲以木片二件，厚一英寸，闊十英寸，高四十英寸，兩板旋轉，攪勻溶液鋁粉，銀質迅即沉澱，溶液由池5經過六英寸徑之喉7而至池6內，再復攪動，銀質可完全沉澱。此溶液及沉澱，由池6之底，經過五英寸徑之喉，由抽水機8，抽入於壓力濾漏器9，濾出青化鈉淨液，而銀質沉澱及殘餘鋁粉，則截留於濾漏室內。池5及6內，溶液宜常滿，方不至被空氣侵入鋁粉，起變化作用。池5之溶液，須滿至喉7之口，方能流過池6。惟池6之溶液，偶然來源不足，則水平面低落，欲免此弊，故池內配以浮錘11，如池內水平面低，則浮錘下降，開放管型10，而由抽水機抽出之溶液，復由徑二·五英寸管12，流回於池6內。銀質沉澱，在壓力濾漏器內，漸積成二英寸厚之餅，乃停止抽入溶液，開放清水管，抽入清水，洗淨銀餅，復放入壓排空氣，吹乾後，可拆開濾漏器，將銀餅取出。

### 鋅粉沉澱法 Precipitation By Zinc Dust

鋅粉沉澱法與鋁粉沉澱法之佈置相同，此項鋅粉，乃屬蒸鋅既內之副產品，色藍，合金屬鋅百份之九十。每三十噸青化金銀溶液，約需加入五磅鋅粉，在池內攪勻，使金銀沉澱。此溶液及沉澱，由抽水機抽入壓力濾漏器內，濾取金銀沉澱餅。為沉澱完全起見，濾漏室內，先用抽水機抽入二十磅鋅粉與水和勻，令鋅粉填塞於帆布孔內，而初時抽入之金銀沉澱，須挾帶多量之殘餘鋅粉。溶液在濾漏室內，穿過鋅粉餅而出，金銀可以完全沉澱。此項壓力濾漏器，最常用者為瑪利盧三角式濾漏器，濾漏片及室架，俱為三角形，角邊三十六英寸，共有濾漏片及室架各八件。放出之溶液，由室頂之管流出，如此，則室內溶液常滿，不致被空氣侵入而起變化作用。金銀餅積成後，



抽入清水洗淨，再放入壓縮空氣吹乾，然後拆開各片各室，取出金銀沉澱餅。

### 金銀沉澱之處理及鎔鑄法

金銀沉澱，通常經過硫酸溶解，除去鋅質。然後瀝乾焙烘，鎔鑄成條。惟銀質沉澱則直接瀝乾焙烘，加入硝酸鉀及潤砂等，同在鍋內鎔鑄，除去雜質，可得銀條。金銀沉澱之由鋅絲箱放出者，流入於鉛片襯墊之鐵池中，泌去淨液，所餘沉澱，加入硫酸，溶去鋅質。初加硫酸時，池內滾沸，放出之煙氣，含有青化氫酸氣，此氣甚毒，宜用風扇吸出於室外，免至損害呼吸。滾沸既完，再加入清水與硫酸和勻之淡液，並將沉澱攪動，俟鋅質全溶為度。溶化後，俟沉澱滲底，泌去清液，再加入熱水，洗去硫酸鋅溶液。俟黑色金銀粉沉澱後，泌去清液，取出瀝乾，置入生鐵盤內，加火焙烘，使雜質盡成氧化。銀質沉澱，由壓力濾漏器濾乾後，可直接在鐵盤內焙烘。已經過硫酸溶化之金銀沉澱，焙烘後，每百份乾沉澱，加入三十份無水硼砂，十五份無水碳酸鈉，七份幼砂 $\text{SiO}_2$ ，同在筆鉛坩鍋內鎔煉，可得金銀條。銀質沉澱在焙烘盤內，可加入適量之硝酸鉀 $\text{KNO}_3$ ，使鋅鉛銅等雜質變成氧化金屬，將此已焙烘之沉澱，和入適量之幼砂無水硼砂及碳酸鈉同在火泥坩鍋內鎔煉成銀條。每百份鋅鉛銅等金屬雜質，約須加入五十份硝酸鉀焙烘，並須加入六十份無水硼砂，二十份幼砂，四十份碳酸鈉，同在坩鍋內鎔煉，使雜質變成渣滓。

### 青化毒之消除及預防法

青化鈉為劇烈之毒品，吞服少量，能於數分鐘內致命。急救之法，須令服毒者立即吞入青礬，哥士的梳打，及碳酸和勻之溶液，可以解救。此項藥品，宜預先置備，儲於藥箱內，以便施救。藥品之預備方法如下，將七·五公分青礬 $\text{Ferrous sulphate}$  7.5 gms.溶化於三十立方公分水 $\text{water}$  30 cc.用玻璃裝好，封固。將一·五公分哥士的

統打caustic soda 1.5 gms溶化於三十立方公分水water 30 cc.另用一玻璃裝好封固。另用一蠟紙筒裝入二公分鎂養Magnesia 2 gms封固。此三項同置於一個白鐵罐Tin box 內，加蓋，註明用途。施救時，將二項溶液在白鐵罐內和勻，加入一百立方公分清水，加入鎂養，即灌入服毒者喉內，並灌入一鍾清水。如服毒者不省人事，宜用樹膠喉及樹膠袋等之設備，將溶液泵入服毒者喉胃內。服後數分鐘，應將溶液與青化鉀鈉合成之液體嘔吐而出。如不嘔出，可用樹膠喉插入喉胃內，用唧筒抽出，再泵入清水於喉胃內，再復抽出，如此數次。全時施用人工呼吸法，如救溺水者焉。或以亞摩尼亞氣，使之噴醒。

金銀鑛廠所用之青化液，通常甚淡，僅含青化鉀少量，不致發生劇毒。但如與鑛砂所含之硫酸化合，放出青化輕酸氣，則呼吸亦致被毒。故含酸質之鑛砂，必須施用保護簾質，使酸質變成中性，方可加入青化液。青化鑛廠內宜設法通風，令廠內發生之氣體由風扇吸去，方不致有損衛生。金鑛沉澱之加入硫酸溶去鋅質者，往往尚有青化液在內，發出青化輕酸氣甚毒，工人之在此工作者，宜帶呼吸面具，或將池內氣體，完全用風扇吸出。誤吸青化輕酸氣而致毒者，可用二養化輕水Hydrogen-peroxide  $H_2O_2$  注射液解救。將一百份清水，和入三份二養化輕，用注射管注入於受毒者之身體內，每隔四分分鐘注射一次，遍注於全體之各部。復用一百份清水，和入二份二養化輕泵入受毒者之喉胃內，將胃洗淨。

手足浸入青化液內，亦往往能致痛癢，如手足有刀傷痕，則不免發腫，故工人之與青化液接觸者，宜常着樹膠手套。手足之被青化液損傷者可用Ichthyol及硼酸膏 Boric acid ointments 各等份和勻之膏藥施治。

青化液，如放出於川流內，亦妨害下流食水，宜設法消毒，方可放出。消毒之法，每噸青化鉀液，加入半安士鉀錳養  $KMnO_4$ 。

## √世界金銀鑛廠之工作 Typical Gold and Silver Mills

世界金銀鑛廠之提煉工作，大致可分為三類。(一)汞引法與青化法並用者，如南非洲杜蘭斯哇，西澳洲域多尼亞，美國加利克尼亞省等處金鑛，及加拿大鈷玻盧高等銀鑛是也。(二)選鑛法與青化法並用，但不用汞引法者，如美國卡路拉度省金鑛，墨西哥柏朱架等處銀鑛，加拿大鈷玻盧次等銀鑛是也。(三)祇用青化法者，如美國修乎的高打省黑山金鑛，拉華打省湯落柏銀鑛是也。茲將各廠之提煉金銀工作，列舉如下。

南非洲杜蘭斯哇 City Deep Mill, Rand. 金鑛 鑛石為硬石英石，含砂養  $\text{SiO}_2$  75. %，黃鐵鑛 2.5 %，每噸合金值美金十六元。此廠每日處理鑛石二千二百噸，需用春槌二百頭，槌重二千磅，篩網十五目，每十頭春槌需用馬力五十匹。鑛石春幼，過篩眼而出，入於尖底分砂箱，將鑛砂分出，而水則流回於春槌內。由箱底流出之鑛砂，分入九個筒式彈丸研石機，Tube mills，筒長二十二英尺，徑五·五英尺，每具用馬力一百匹。在機內研幼之鑛砂，有十份之七，能過一百目篩。鑛砂和水由研石機陸續流出，經過水銀銅板攔留粗粒金，然後流至水力分砂機，分出粗砂，運回於研石機。幼砂及鑛漿則流至第二列水力分砂機，分出鑛漿，流入於四個尖底稠結池。而幼砂則流入於六個幼砂沉積池，池徑五十英尺，深十英尺，有濾漏底，濾去水份。此項幼砂，濾去水份後，由池底之門，用機械撥出，落於運鑛帶，運入於十二個溶滲池，同時和入適量之石灰。溶滲池徑七十英尺，深十二英尺，溶滲時間共需五日，洗水及裝放時間共需七日，青化液為 0.05—0.20 % KCN。幼砂溶洗已畢，由池底放砂門，用機械撥出，裝入運鑛帶，運至採鑛場中，填塞鑛穴，為消除青化毒起見，每噸幼砂，加入 0·0 八磅灰錳養  $\text{KMnO}_4$ 。由稠結池流出之鑛漿，和以適量之石灰及青化鉀液，放入二個空氣攪動器內，器為斗底形之池，徑三十二英尺，深三十八英尺。鑛漿及溶液，攪動完畢，放入於

第一個泌出池內。池徑七十英尺，深二十英尺，泌出溶液，再放入淡液，與鑛漿和勻後，用抽水機抽入於第二個泌出池，泌去淡液。加入清水，和勻後，用抽水機抽入於第三個泌出池，泌去洗水，抽回於儲蓄池，而鑛漿則放去不用。由溶滲池及泌出池流出之青化金濃液，經過澄清池後，分別入於鋅絲沉澱箱內。幼砂入溶滲池者佔鑛石全量六成，鑛漿之入攪動器者，佔鑛石全量四成。提煉成積金99.7%。每噸磨煉費六角八分六，青化費三角九分八，以美金計。

西澳洲域多尼亞 Victorious Mill 金鑛 鑛石含瓷土石英及黃鐵鑛，石質不硬，易於研幼。每噸鑛石含金值美金七元。鑛石先由壓石機壓碎，貯於容量六百噸之鑛倉中。由此裝入四個亨廷屯磨石機，全時加入青化鉀液及水銀，與粗金混合成汞膏，截留於磨內，可以隨時清出。鑛砂及水，穿過細網，流出於水池，用抽水機抽上於水力分砂機，分出粗砂，再裝入二個汞引磨盤 Wheeler pans 截留所餘之粗金銀。鑛漿及青化液，流入於四個攪結器，每個二十五英尺徑，九英尺深。青化液分出，復抽回於儲蓄池，由此裝入於磨石機。鑛漿流出後，再加入適量之青化濃液，全入於三個攪拌攪動器，每個二十英尺徑，六英尺深，攪動速率，每分鐘轉七次。攪動完畢，將鑛漿及青化液，裝入吸力濾漏器 Ridgway suction filter，濾取淨液，用鋅絲箱沉澱。提煉費用，每噸需美金一元一角。提煉成積90%。每日夜研磨鑛石三百二十噸。

美國加利寬尼亞省 Grass Valley 金鑛 鑛石為石英苗，內含黃鐵鑛及自然金，每噸含金值美金十元以至十二元。每日磨煉鑛石三百噸，用春槌四十頭，槌重一千磅，每分鐘起落一百一十次，起落距離七英寸，篩網三十目，日內汞引法與日外水架板汞引法並用。鑛砂流經水銀板及提水銀器後，流入一列旋轉選鑛圓桌 Revolving Buddles 選出黃鐵鑛。所餘砂尾，流入一個尖底箱，三個錐形分砂機，分出鑛漿及鑛砂。鑛砂用畢朵分佈器 Butters distributors 裝入六個溶滲池，池徑二十二英尺五寸，深七英尺三寸，濾去水份，加入石灰水，化

去酸質。濾去石灰水，加入0.035% KCN 青化液，旋即濾去。加入0.10% KCN 青化濃液，溶浸鑛砂，歷時二十四小時，液內所含青化鉀減為0.06% KCN 將溶液濾出，流入澄清池，加入青化鉀，使液內含0.09% KCN，然後裝入鋅粉沉澱池。由分砂機分出之鑛漿及水，流入六個沉澱池，除去水份，再抽入一個多爾氏稠結器，使鑛漿稠結，然後加入青化鉀液，令溶液與乾鑛粉之比，為二與一之比，液內含 KCN 0.035%。將溶液鑛漿，抽入三個空氣攪動器內，此器與拍米加攪動器相似，桶徑八英尺，深十八英尺，桶底為尖斗形，斜角六十度，桶中央為噴起喉，空氣在喉內噴起鑛漿，流回於桶內。攪動十四小時之後，將鑛漿溶液，放入二個沉澱池，泌去淨液，將鑛漿放入二個柯里化吸力濾漏器，濾取溶液，此項溶液與溶塵池濾出之濃液匯流，入於澄清池，加入青化鉀，使液內含 KCN 0.09% 然後裝入鋅粉沉澱箱，用瑪利盧三角式濾漏器濾取金沉澱。由選鑛桌所得之黃鐵鑛，每日七噸，裝入彈丸研石機研幼，和水流過水銀板及分砂機，分出鑛漿，和以青化液，連同砂尾鑛漿，一並入攪動器內，溶取金質。每噸鑛石共需提煉費美金九角七分九厘，內研磨及汞引三費角八分，選鑛費一角三分一厘，青化費四角六分八厘。提煉成鐵，汞引選鑛青化合計98%。

加拿大鈷波盧省 Nipissing 高等銀鑛，由人工揀鑛帶及跳汰機選出之高等銀鑛石，每噸含汞二千五百安士，並含砷10% As, 鈷6% Co, 鎳6.7% Ni 以及錳等質。此項鑛石，先用彈丸研石機乾研，至能過二十目篩。將六千五百磅乾鑛砂，和入八千五百磅水銀，及三千八百磅青化鉀濃液，內含 KCN 5. %，並六噸火石彈同入筒式彈丸研石機 Tude mill 研磨九小時半之久，成為極幼之鑛漿，能過二百目篩。水銀與銀結合成汞膏，並與硫化銀交換，成為硫化汞  $HgS$ ，而一部份水銀復溶化於青化鉀液中，成為青化汞液， $K_2Hg(CN)_4$  能溶化錳硫酸銀及砷硫酸銀等質，如上文所論。研磨既完，將鑛漿水銀溶液同放入於一個八英尺徑之銀汞膏水銀沉澱盤，(見上文第一百一十三圖)，

分出水銀汞膏，而礦漿及溶液則流至攪動器內，加入石灰，（每噸礦粉用五磅石灰）及氰化液（0.75% KCN），用機械攪動三十六小時之久。用畢朵濾漏器濾取溶液，放入鋅絲箱使銀質沉澱。濾得之乾銀餅，內含硫化銻，售於熔煉廠。礦砂內所含之銀，由汞引法提出97%，由氰化法提出2%，合計提煉成精99%，提煉費用，每安士銀需美金一分一厘四，每噸礦石含銀二千五百安士，共需提煉費美金二十八元五角。

美國卡路拉度省 Cripple creek, Independence Mill 金銀廠，此廠所提煉之鑛石，乃該處日久積存之次等鑛石，不能用汞引法提煉者。鑛石為石英苗，內含碲化金銀，黃鐵礦，閃鋅礦 ZnS 黝銅礦等， $Cu_2Sb_2S_7$  屬於阻抗磨煉鑛石類，每噸含金價值美金三元五角。在昔汞引時代，視此項鑛石為無用，現今氰化法盛行，始能提煉此項鑛石而有利用可圖。現在該處提煉廠共有多間，俱用氰化法，但方法畧有變更，有用完全磨漿法者，有用連接對流泌出法者，有將鑛砂經過選漏法，然後施行氰化法者，惟 Independence 一廠，則選鑛法與氰化法並用，將硫化及碲化礦物選出，售於熔煉廠，和鉛鑛熔煉，提取金銀，而砂尾則用氰化法提煉。其特別之處，在乎不將鑛砂焙烘，而加入氰化溴  $BrCN$  溶液，直接使碲化金銀溶化。此廠每日處理鑛石三百五十噸，經壓石機壓碎至二英寸徑以下。裝入二副十六英寸徑十六英寸面之碾石輾，碾碎至三分徑以下。和入石灰及氰化鈉液，裝入四個六英尺徑之智利磨石機 AKron Chiléan mills，研成幼砂，能過  $0 \cdot 046$  英寸徑篩眼，每具磨石機，需用馬力五十五匹，每分鐘旋轉三十三次，每小時能磨石五噸。此項氰化液，每噸值合  $NaCN$  半磅，在磨石機內和鑛砂研磨，穿篩眼而出，入於二個機械分砂機 Ovoca classifiers，分出鑛砂及鑛漿。鑛砂裝入二十二個選鑛桌 Card concentrators，選出硫化碲化鑛砂。鑛漿裝入十三個選幼粉桌 Deister tables 及四具洗砂帶 Vanners 選出硫化碲化鑛粉。砂尾及鑛漿用抽水機再抽入於二個機械分砂機，再復分出鑛砂及鑛漿。鑛

砂則裝入六個溶滲池內，用青化液（每噸含NaCN半磅）溶浸四日，然後將鐵砂洗淨棄去。鑛漿則流入四個多爾氏稠結器，除去水份。將稠結之鑛漿，和入青化液，（每噸含NaCN 3/4磅），在空氣攪動器內，攪動六小時之久。將此溶液鑛漿，再抽入第二個攪動器，和入青化液，再攪四小時之久。將此鑛漿溶液放入儲蓄池，用畢朵濾漏器濾取金銀溶液。此項溶液與溶滲池濾出之淨液，同入鉗絲箱內，使金銀沉澱。每噸鑛石提煉費共需美金一元二角三分九厘。提煉成績，選礦得43.65%，青化得27.85%，合計71.5%。每噸鑛石需用青化鈉O·四五磅，青化溴·四磅，石灰二·二磅。

墨西哥柏朱架Pachuca銀鑛 鑛石每噸含銀一七·四安士，金O·O八安士。經春槌春碎後，選出淨鐵砂，另行熔煉，而砂尾則用青化法提取金銀。春槌四十頭，每重一千二百五十磅，和青化液春幼。流出之砂，用八具威氏洗砂桌選出淨鑛。砂尾及鑛漿溶液，流入於四個多爾氏分砂機。鑛漿溶液浮出，用抽水機抽上於兩個多爾氏稠結器。砂尾則裝入四個筒式彈丸研石機，筒長十三英尺，徑四·五英尺，研後之鑛漿，再抽回於四個多爾氏分砂機，分出鑛漿。此鑛漿所含幼粉，十份之八，能過二百目篩，將此鑛漿抽上於兩個多爾氏稠結器。分出溶液，流回於青化液儲蓄池，由此流入於春槌臼內。將稠結之鑛漿，流經十五個幼粉選鑛桌，加入青化液，選出淨鑛粉。然後將此鑛漿，抽入於第三個多爾氏稠結器，分出之稠結鑛漿，內鑛粉與青化液之比，為一與一·五之比。將此鑛漿溶液，抽上於八個柏朱架攪動器，放入壓榨空氣，令金銀溶化。攪動既完，放入儲蓄池，用空氣攪勻，吸入摩亞濾漏器內，濾取淨液。將淨液經過澄清池，再入鉗絲箱，使金銀沉澱。每噸鑛石，提煉費用，共計美金一元九角三分。提煉成績，金94·5%，銀92·4%。

墨西哥亞士柏蘭Esperanza銀鑛 由選鑛桌選出之淨鑛砂，每噸合金二十二安士，銀五十四安士。和青化液，（每噸含KCN一磅）在彈丸研石機研幼。再加入青化液，（每噸含KCN六磅）並加入適量

之醋酸鉛  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$  及高錳化汞  $\text{HgCl}_2$ ，(每噸鑛粉加入醋酸鉛二磅，高錳化汞一磅)，同入攪動器內，攪動十日以至十四日。攪動既完，放入稠結器，浮取淨液，而鑛漿則抽入壓力濾漏器內，濾取淨液，此項淨液，經過澄清池，流入鋅粉沉澱池，用壓力濾漏器，濾取金銀沉澱。每噸鑛石提煉費共需美金四元八角五分。提煉成積，金 99.4% 銀 95.8%。

加拿大鈹瓊虛省 Nipissing 次等銀鑛 此廠之提煉方法，頗為特別，先用輕養鈉  $\text{NaOH}$  及金屬鋁 Aluminum 使硫化銀還原變為自然銀，然後用青化鈉液溶化銀質。鑛石含砒銻鑛，砒銻鑛，硫化銀，自然銀，銻砒銀等，先經壓石機壓碎，用跳汰機選出高等銀鑛照上文汞引法提煉。所餘砂尾，每噸尚含銀二十六安士，裝入舂槌臼內，和輕養鈉液舂幼，每噸鑛石，需用七噸輕養鈉液，每噸溶液含  $\text{NaOH} \cdot 0.7$  磅。舂槌共有四十頭，每十頭需用馬力四十匹，槌重一千四百磅，篩網三目。溶液及鑛砂，由臼前篩網流出，入於四個多爾氏分砂機，分出鑛漿流入鑛漿沉積池。其粗砂則流入於二個彈丸研石機，研幼後，流出於第二組多爾氏分砂機，分出鑛漿，而鑛砂則運至第二組彈丸研石機再研。將研幼之鑛漿復抽回於第二組多爾氏分砂機，分出鑛漿及鑛砂。所有鑛漿，俱能過二百目篩，全流入於鑛漿沉積池，分出輕養鈉液，抽回於儲蓄池，由此流回於舂槌臼內。沉積之鑛漿，每份鑛粉，仍含輕養鈉液一份半，將此液加濃，內含  $\text{NaOH} 0.25\%$  並加入石灰  $0.25\%$ 。將此鑛漿溶液，抽入於鉛質彈丸研石機，此機不用鋼彈，而用一·五以至二·英寸立方體之金屬鉛，作為彈丸，與鑛漿及輕養鈉液研磨，能令硫化銀銻砒銀等還原，成為海綿狀之自然銀，易於為青化液溶化。研石機內裝入鉛彈四千磅，每分鐘旋轉十次。研磨後將鑛漿及溶液，放入於攪動器內，此器用鉛片作襯，徑三十四英尺，深十三英尺，用機械攪動二十以至三十六小時，令硫化銀質，盡變為自然銀。乃將鑛漿溶液抽入儲蓄池，用畢朵濾漏器濾去輕養鈉液。取出乾餅，裝入於七個機械空氣攪動器內，加入



○·二五%之青化鈉溶液，攪動四十八小時，使銀質溶化。攪動既完，將鑛漿溶液裝入單朵濾漏器，濾取淨液。再用鉛粉沉澱法，使銀質還原。每噸鑛石提煉費用共計美金二元八角以至三元五角。提煉成績 93%。

美國修乎的高打省黑山 Black Hills 金鑛 鑛石為石英脈，內含石英  $\text{SiO}_2$  75.90%，黃鐵礦 6-8%。金質為自然金微點，藏於黃鐵礦之罅隙，而石英又為多孔質，青化溶液易於透入，故提煉手續，甚為單簡，無須將鑛石研磨太幼。但鑛石含金甚少，通常每噸不過值美金二元以至四元。其中之 Wasp No 2 Mining Co. 鑛廠，每日開採提煉鑛石五百噸，每噸僅得美金二元，惟開採費每噸僅需美金五角四分，提煉費每噸僅需美金六角六分，管理費每噸僅需美金四分，除去一切費用，每噸尚可獲利美金七角。鑛石先經壓石機壓碎，經過二副粗碾石輥，碾成粗粒，再裝入二副幼碾石碾，碾成二分徑以下之鑛砂，即可裝入溶滲池，用青化液，溶化金質，無須再行研幼，亦毋庸經過分砂機，分出鑛漿及鑛砂，所有一切幼粉粗砂，俱裝入溶滲池提煉。溶滲池共有六個，徑三十二英尺，深十二英尺，每個可裝鑛砂四百噸。鑛石當碾幼時，先加入石灰，每噸鑛石加入石灰六磅，使石灰與鑛砂和勻。裝入溶滲池後，即直接加入青化液，毋庸先加石灰水洗淨。此第一次加入之青化液每噸溶液含 KCN 五磅，石灰一磅，此溶液留在池內溶浸鑛砂，歷十二小時之久，然後濾出。第一次溶液濾淨後，第二次所加入為青化淡液，每噸含 KCN 二磅半，此淡液浸過砂面，即行濾出，再復加入，再濾出，如是者七次。共需時四十八小時。最後乃加入清水，洗淨鑛砂，將砂尾由池底之放砂門放去不用。濾出之濃液及淡液，分別流入於鋅絲沉澱箱，使金銀沉澱。提煉成績 70%，得金值美金二元，鑛石內合金量多於此數也。

美國拉華打省湯落拍 Tonopah Extension Mining Co. 銀鑛廠 鑛石為石英苗，內含輝銀鑛錳銀鑛隨銀鑛自然銀等，每噸鑛石含金銀十二以至十六安士，金 ○·一七以至 ○·二安士。此廠每日處理鑛石

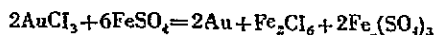
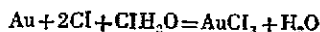
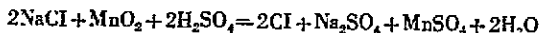
一百五十五噸，機器馬力合計四百匹，工人十四名。鑛石經壓石機壓碎後，儲於倉中，用自動裝鑛機，裝入春槌，和青化液春幼。此青化液每噸含 KCN 三磅，加熱至法倫海表 120°F。春槌三十頭，槌重一千零五十磅，每分鐘墜落一百次，起落距離七英寸。共有六個臼，內四個臼用十二目篩網，二個臼用三目篩網，所以如此者，欲得粗幼不同之鑛砂，放入彈丸研石機內研磨，較有效力也。鑛砂溶液穿過白前篩網而出，入於第一個多爾氏分砂機，分出鑛漿，流入沉積池，而鑛砂則放入第一個筒式彈丸研石機，筒長十八英尺，徑五英尺。研後之鑛砂，流入於第二個多爾氏分砂機，分出鑛漿，入於沉積池，而鑛砂則復放入第二個十八乘五英尺之彈丸研石機，研後之鑛砂，用抽水機抽回於第二個多爾氏分砂機，分出鑛漿及鑛砂。所有鑛漿溶液，同流入於四個尖底沉積池，池徑二十四英尺，深十六英尺。浮出之溶液，抽回於溶液儲蓄池，由此再流入春槌臼內。沉積之鑛漿，再加入青化鉀石灰醋酸鉛等溶液，（每噸乾鑛粉，需用青化鉀二·七五磅，石灰三·四磅，醋酸鉛〇·九六磅），同入四個空氣攪動器內。此器為 Trent Agitator，徑二十四英尺，深十六英尺，藉空氣噴管力使攪動臂旋轉，（按此項攪動器弊端頗多，現已不甚通用），攪動四十八小時之久，將鑛漿溶液放入儲蓄池，仍用空氣攪動，用畢朵濾器濾取淨液。此淨液流過澄清池後，流入八個六格錫絲箱，令金銀沉澱。提煉費用，每噸需美金三元二角，提煉成數 93%。

### 綠化金法 Chlorination for Cold Ores

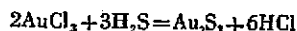
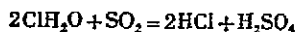
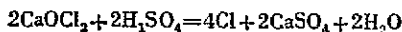
從前青化法未盛行之時，凡屬阻抗磨煉之金鑛，不備用汞引法提取金質，而又難於鑄煉太遠，不能出管於鑄煉廠者，通常用綠化法提取金質，而所餘鑛砂，仍含銀質在內，再用亞硫酸鈉溶液萃取銀質。綠化法適用於較粗之自然金，溶化率比青化液為速，而提煉成數亦高，恆達九成五以上。但費用比青化法為昂，每噸鑛石用綠化法提煉，約需美金七元左右，因鑛砂必須先經透漏法及綠化漏法，

除去雜質，方能施用綠化法也。故凡成色低之金鑛石，決不能用綠化法，惟選淨之鑛砂，內含黃鐵鑛砷化金等或合金豐富之鑛石，而青化提煉成積，不能達九成以上者，則用綠化法提煉，比較青化法所獲淨利較多。且綠化法，無須將鑛石研磨太幼，祇須研至能過三十目篩，而提煉時間亦短，無須大規模之設備，故在合金豐富之鑛區，離城市太遠，不便輸運者，則以綠化法為便，所需機械，不外舂槌或碾石轆，附設燭鑛反射爐及綠化器械，而一切選鑛分砂磨漿等機械，為青化法所需者，綠化法可以不用。此則綠化法之所以依然存在，未能全為青化法所排去也。

綠化法又分為盤內綠化法 Vat Chlorination 及桶內綠化法 Barrel Chlorination 二種。盤內綠化法為柏力氏 Plattner 所發明。將鑛砂微濕以水，置於不漏氣之盤內，加蓋封密。而由盤底之鐵管輸進綠氣，與鑛砂接觸，歷二日之久。金質被綠氣所溶化，變為綠化金，再加水入盤內，將綠化金溶於水中。將此溶液濾出，加入青礬  $\text{FeSO}_4$  溶液，使金質還原成為褐黑色之沉澱。此法所輸進之綠氣，乃用軟錳鑛粉  $\text{MnO}_2$  食鹽及硫酸所發生，其化學式如下。



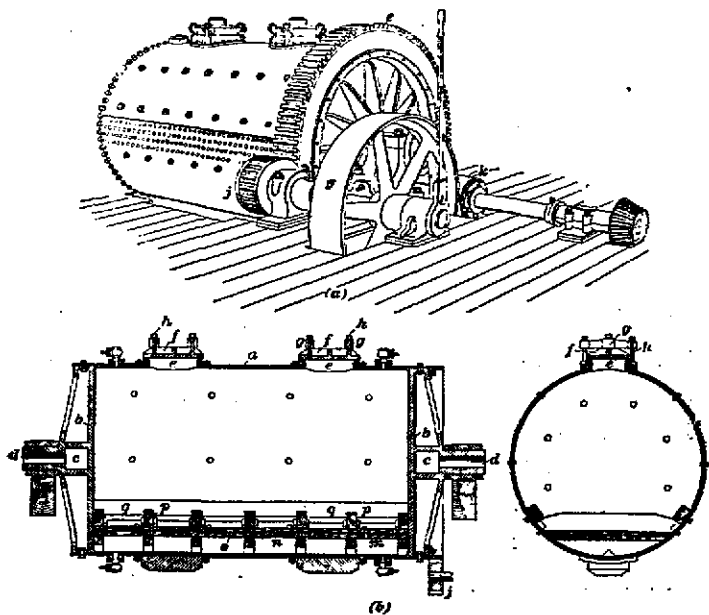
桶內綠化法為砥氏 Theis 所發明，將鑛砂和水及漂白粉硫酸，同入不漏氣之桶內，攪動三小時至六小時之久，令金質變為綠化金，溶於水內。濾取溶液，放入硫酸氣  $\text{SO}_2$  驅除液內殘餘之綠氣。然後放入輕硫氣  $\text{H}_2\text{S}$ ，使金質沉澱，成為硫化金。其化學式如下。



上式所列青礬  $\text{FeSO}_4$  能令金質沉澱，故欲綠化法成功，必須先將鑛砂淘透，使不含青礬，方不致令金質復成沉澱，和於鑛砂內。含黃

鐵礦之鑛砂，經低熱度之煬烘，往往一部份變為青礬，但若再經高熱度煬烘， $800^{\circ}\text{C}$ ，並將鑛砂頻頻攪動，則三氧化硫氣  $\text{SO}_3$  放出，而鐵質變為三氧化鐵  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，此法名為透煬法。欲知鑛砂透煬與否，可將鑛砂少許取出，沒於水中，攪勻後，待其停聚，濾取溶液少許，放入玻璃試管中，加入數滴亞青化鐵鉀  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  溶液，而試管液內仍不變色者，則鑛砂為煬烘已透，若變成綠色或藍色者則為煬烘未透。

鑛砂若含銅鈣鎂等質，則不免吸收綠氣，以致需用綠化材料太多，而金質或不能全溶。此項雜質，於煬烘時必須令其變為綠化物，方不至在桶內或盤內，損耗有用之綠氣。此法名為綠化煬法，於鑛砂



第一 百 三 十 二 圖

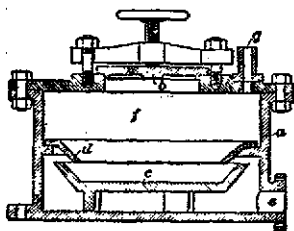
煬煉將完之時，和以食鹽  $\text{NaCl}$ ，每噸鑛砂和入食鹽二十以至五十磅，將熱度加高至  $800^{\circ}\text{C}$ ，驅去三氯化釷氣，到銅鈣鎂變為綠化物。而金銀亦變為綠化，綠化金在此熱度內，雖不至化煙，但不免隨鑛塵飛走。綠化銀則不免化煙而去，故須附設凝氣室，使銀氣聚集。

綠化器械，現今通用者，祇有桶內綠化法，至於盤內綠化法，因其需時太久，已不通用。第一百三十二圖，為綠化桶之外形及截面形。圖內  $a$  為桶身，以半英寸厚鋼片製成，內襯三分厚鉛片。 $b$  為生鐵桶蓋，內襯半英寸厚鉛片，桶蓋有邊緣，與桶身內週密接，用螺絲較緊。蓋中央有輪心  $c$  及軸  $d$ ，套於架內，全桶藉此旋轉。旋轉之力，由小齒輪  $j$ ，轉動桶週大齒輪  $e$ 。桶上有圓孔  $f$  二個，有蓋  $g$ ，用鐵架  $h$  及螺絲  $i$  較緊，鑛砂及綠化材料，由此圓孔裝入及放出。桶底有濾漏片  $m$ ，用穿孔鉛片  $n$ ，釘於木條  $o$  上，鉛片上為石綿紙，紙上壓以橫木條  $p$ ，直木條  $q$ 。溶液濾過石綿紙聚於桶底，由喉管放出。桶長九英尺，徑五英尺，每次可裝鑛砂五噸。濾漏片長八英尺二寸，闊三英尺八寸，濾漏面積三十平方英尺。

此桶之用法，先裝入六百加倫清水，七十五磅硫酸  $66^{\circ}\text{B H}_2\text{SO}_4$ 。五噸已煬透之鑛砂，能過三十目篩者，最後乃加入六十磅漂白粉，內含錄氣  $\text{Cl}$  30%，即將圓孔蓋關密。開放機輪，將全桶旋轉三小時以至六小時之久，金質可以全溶，但以鑛砂內不含耗費綠氣之雜質為限。欲試驗桶內綠氣是否足量，可開放桶面之小喉管，試嗅有無綠氣臭味，或將濾紙濕透輕養銨液  $\text{NH}_4\text{OH}$  移近管口，如有綠氣放出，則發生白色之綠化銨煙。如旋轉三小時後桶內已無綠氣，則或因鑛砂內含有損耗綠氣之雜質，宜將鑛砂先經過綠化煬法，然後放入桶內提煉。若桶內綠氣不足用，可開放圓孔蓋，再加入硫酸及漂白粉。旋轉六小時後，如桶內仍有綠氣，則綠化完畢，可將桶內濾漏片旋至最低之地位，由桶面喉管，輸入壓控空氣，（每平方英寸壓力四十磅）壓送溶液經過濾漏片，由桶底之喉管放出，儲於溶液儲蓄池內。濾漏既完，再放入清水於桶內，將桶旋轉十分鐘，將鑛砂洗勻，然後

再濾出，全入儲蓄池內。洗淨後，放出桶內砂尾，放砂法，可將圓孔旋至最低之位置，用水喉噴水入內，將砂尾沖出。如砂尾內含銀質，則留待別項方法煉出。

綠化金溶液，貯於儲蓄池內，俟土漿沉墜，乃將此清液，泌出於沉澱池中，放入硫酸氣 $SO_2$ ，驅去水內所含之綠氣。硫酸氣之製法，乃用硫磺在鐵罐內，加入空氣焚化。此鐵罐如第一百三十三圖所示。

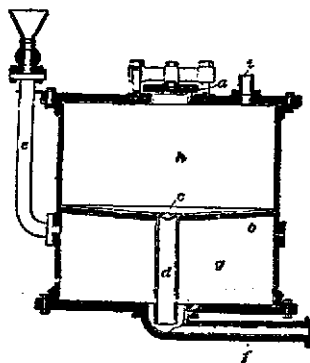


第一百三十三圖

罐身 *a* 及蓋 *b* 為生鐵鑄成。硫磺載於生鐵盤 *c* 上，由喉 *e* 抽入空氣焚化。焚除之硫酸氣經過鐵罩 *d*，入於室 *f*，從 *g* 管放出。硫酸氣放入沉澱池內，溶液內所含之綠氣，變為鹽酸，如上文化學式所示。放入硫酸氣十五以至二十分鐘之久，綠

氣可以完全化盡，欲知綠氣已化盡否，可將溶液少量取出，置入玻璃杯中，加入輕硫氣少許，即見有黑褐色之硫化金沉澱。此沉澱成後，用玻璃棒將溶液攪勻，而沉澱仍然存在，不至溶化者，則液內不含綠氣，此時可停止放入硫酸氣於沉澱池內，而另放入輕硫氣，使金質沉澱。

輕硫氣  $H_2S$  之製法，乃用硫化鐵  $FeS$  加水及硫酸製成。第一百三十四圖為製輕硫氣之鐵罐。罐身為鋼片製成，上下有生鐵蓋，用螺絲連固。上蓋有圓孔及門 *a* 硫化鐵及水由此放入，但為 *b* 盤所承，不至下墜，盤 *b* 中央有孔 *c* 及管 *d* 透於罐內之下部。罐內用鉛片作襯，盤 *b* 及管 *d* 則用鉛片製成。硫酸



第一百三十四圖

由鉛管 e 入於罐之下部。由管 f 放入壓縮空氣，逼壓硫酸，從 d 管上升，入於盤 b，令硫化鐵溶化，放出輕硫氣，從 i 管噴出，入於沉澱池內，令金質變為硫化金沉澱。輕硫氣放入二小時之久，金質沉澱可以完全。欲知沉澱完全否，可將溶液少量取出，濾去沉澱，取出清液，加入輕硫氣，不見再有黑色沉澱者，為沉澱完全。

沉澱完全後，令溶液停留，使沉澱墜底。濾去清液不用。將此沉澱，裝入壓力濾漏器內，濾取沉澱餅。將此沉澱餅焙乾，裝入生鐵盤中，在燭燻爐內，燒去硫質。將已燻硫之沉澱，和以無水碳酸鈉，礬砂及硝少許，置入筆鉛坩鍋中，鎔取金條。

綠化後之砂尾，如含銀質，可用亞硫酸鈉液提煉，其法如下。

### 亞硫酸鈉化銀法

#### Hyposulphite Lixiviation for Silver Ores

此法最初發明者，為奉彼得那氏方法，Von Paterra process 用亞硫酸鈉  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液，溶化銀質。將此溶液，加入硫化鈉溶液，使銀質沉澱，成為硫化銀，而溶液復變為亞硫酸鈉液，可以再用。此項作用之化學式如下。



但亞硫酸鈉液祇能溶化綠化銀而不能溶化自然銀及硫化銀等，凡鑛砂之經綠化法者決不能使砂內所含銀質完全變為綠化銀，其中仍含有多少自然銀硫化銀等，此項銀質不能溶於亞硫酸鈉液中，結果必致提煉成積低，而砂尾仍含銀質。現在此方法經胡拉蘇氏 Russel 改良，於亞硫酸鈉液之中，再加入硫酸銅溶液  $\text{CuSO}_4$  成為亞硫酸鈉銅溶液，能溶解自然銀硫化銀及與錳砷化合物之銀鑛砂，此項溶液，名為額外溶液 Extra Solution。其中所含之銅質，與硫化銀及錳砷銀等交換，成為硫化銅及錳砷銅之沉澱，而銀質則溶於液內。

此項額外溶液之製法，用一磅硫酸銅，二·二五磅亞硫酸鈉，溶化於一百磅水中，成為四亞硫酸鈉三亞硫酸銅之溶液  $4\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{Cu}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 。此項溶液，不特溶化銀鑛砂，且可溶化自然金。

合銅鉛鋅銻砷等雜質之銀鑛砂，不能用青化法提煉者，可用亞硫酸鈉液及額外溶液提煉，但提煉費恆比青化法為昂，每噸約需美金六元左右，故祇適用於含銀豐富之鑛砂。金鑛砂經綠化法提取金質後，尚含銀質者，亦可用此法提煉。含硫之銀鑛砂，須經過綠化偏法，使銀質之大部份，變為綠化銀，而銅鐵鋅鈣鎂等質，亦變為綠化或硫酸化，能溶於水。將已偏之鑛砂，置於溶滲池內，（與青化法之溶滲池相同）先加入清水，溶去銅鐵鋅鈣鎂等雜質。將溶液濾去，再放入清水，洗淨鑛砂，再濾淨，然後方可加入亞硫酸鈉液溶浸。如此則雜質不至混和於銀質溶液，當加入硫化鈉液，使銀質沉澱時，不至有硫化鐵鈣鎂等雜質混入也。但銅質及鉛質，則不能完全溶於清水，而能溶於亞硫酸鈉液，須設法分別提出，如下文所論。

鑛砂既用清水洗淨後，此項洗水可以濾去不用，但如鑛砂內含石灰質，令洗水變為鹼性，則有多少綠化銀溶於其內，宜將此洗水貯留於池中，加入硫酸，使成酸性；則綠化銀復成沉澱。洗淨之鑛砂，先加入亞硫酸鈉液，每噸鑛砂約需五百磅溶液，內含  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  2%，溶浸十二小時之久，綠化銀及銅鉛等質，可以完全溶化。將此溶液濾出，貯於池內。再加入額外溶液，內含硫酸銅及亞硫酸鈉  $\text{CuSO}_4$  1%， $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  2½%，至浸過鑛砂為度，待十二小時之久，硫化銀銻砷銀自然銀自然金等完全溶化，將此額外溶液濾出，另貯於一池。將鑛砂再用清水洗淨，將洗水濾出，或加入於額外溶液中，或貯留待用。

以上所得之亞硫酸鈉液及額外溶液，內合金銀並合銅鉛雜質，先加入碳酸鈉  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液，使鉛質變為碳酸鉛沉澱。俟碳酸鉛沉澱停滯後，泌出清液，貯入別池中，再放入硫化鈉溶液，使金銀銅變為硫化沉澱。停滯後，將此清液泌出，貯於池中，留待下次再用。此清液仍合亞硫酸鈉，但亞硫酸銅則已變為硫化銅沉澱，下次再用時，必須再



加入硫酸銅。此清液內須勿含硫化鈉，恐防在鑛砂內變成不溶之硫化銀，故不宜加入太多硫化鈉於液中，祇能與金銀份量化合成爲硫化金銀便妥，或仍留少量金銀於液內亦無妨，因此溶液用完再用也。

將金銀銅沉澱，裝於濾漏器內，濾乾成餅，置於生鐵盤中，在煬爐內，燬去硫質之大半，尚餘少量，仍與銅化合成銅硫。將已燬之沉澱，和炭酸鈉及無水硼砂，在筆鉛坩鍋內溶化，使成銅硫及金銀鎔液。傾出鐵模中，金銀墜底，銅硫在上，可以分出。銅硫內仍合金銀少量，將此銅硫舂碎，置於鐵盤內，燬去一部份硫質，使成硫酸銅及氧化銅。將已燬之銅質，用淡硫酸溶化，成爲硫酸銅，而金銀則成爲沉澱，可以濾出再鎔。

## 金銀條精煉法

### Refining of Gold and Silver Bullions

金銀條之化驗，以每千份內合金銀若干份計，精煉之金條，應合金九百九十九份 999 fine 以上，銀條應含銀九百九十九份以上。但由鑛砂提出之金銀條，通常合金銀合質，此項金銀條，可直接售於造幣廠，經化驗成色後，得回相當價值。但亦有自行精煉，分爲金條或銀條，然後出售者。小規模之精煉，可用硝酸或硫酸溶化法，大規模之精煉，可用電解法，茲分別論之如下。

### 硝酸溶化法

金銀條內所含銀質多於金質雙倍半， $2\frac{1}{2}Ag$ ， $1Au$ ，則銀質可被硝酸溶化完全，而金質則不溶，成爲黑褐色沉澱。倘若所含銀質不及此數，則硝酸溶化不完，而金質沉澱仍含銀質，鎔成之金條不淨，故精煉以前，必須化驗金銀成色，如含銀不及雙倍半之數，則須加入較銀於金銀條內，同在筆鉛坩鍋內，鎔成金一銀二·五之金銀條，然後用硝酸溶化。此項金銀條，先用鋼轆壓成薄片，置於瓷盆中，用

比重一·二之硝酸溶化，（一併強硝酸和八一併蒸溜水）。所用之硝酸及水，須勿含綠溴碘等質，否則能令銀質成爲沉澱，混入金沉澱內，使金質不純。爲促進溶化起見，可將瓷盆置於鐵釜中，加水加熱。俟數小時之久，銀質溶化，祇餘金粒沉澱。泌去溶液，再加入比重一·二六之硝酸（硝酸十六份和蒸溜水十份，）再燉二小時以至三小時之久，溶去所餘銀質。泌去溶液，加入蒸溜水，將金質沉澱洗淨，瀝乾待鎔。將泌出之硝酸銀溶液及洗水貯於瓷缸中，加入紅銅塊，可令銀質還原成爲黑色沉澱。此項沉澱可分別裝入筆鉛坩鍋中，加無水硼砂鎔化，鑄成金條及銀條。

### 硫酸溶化法

硫酸比較硝酸爲廉，惟祇適用於含銅甚少之金銀條，若含銅10%以上，則不能用硫酸溶化，蓋銅質成爲無水硫酸銅，遮蓋金銀面，不能溶於濃硫酸中。而硫酸銀不能溶於淡硫酸冷液中，故必須用濃硫酸加熱，始能溶化銀質。銀與金之比，亦至少須爲二·五與一之比，始能溶於濃硫酸內。將壓薄之金銀片置於生鐵釜中，加入66°B濃硫酸，煮沸，令銀質及銅質溶化，而金則不溶。溶化既完，去火，待金粒沉澱，同時並有硫酸銀之晶體，沉於釜底。泌去硫酸銀清液，貯於瓷缸中。鐵釜內之硫酸銀晶體及金沉澱，再加入濃硫酸再煮，令銀質全溶。泌去溶液，再加濃硫酸，洗淨金沉澱，將此金沉澱，移至瓷缸中，再加蒸溜水洗淨，至不含硫酸爲度。泌出之硫酸銀溶液，在瓷缸內，冷後成爲硫酸銀晶體，將此晶體取出，用熱水洗淨，加入鋅片或鐵片可令銀質還原成爲黑色沉澱。溶液內之硫酸銀，可加入銅片，使銀質還原。

### 電解法煉銀

含銀七成半以上之金銀塊，可用電解法分出純銀，此法以湯氏法 Thom process 爲最便。將硝酸銀溶液，內含 $\text{AgNO}_3$  6%，盛於長方瓷

盤中。將笨鉛板一片，作為負極，置於盤底，與電機之負極相連。將金銀粗塊，作為正極，置於木架中，懸於盤內，此木架用帆布鋪底，承接金沉澱，不至墜落於盤底，此正極金銀塊與電機之正極相連。金銀塊兩邊面積共計一·一平方公尺，電流二百二十安培，電動力二活，每盤每日可積得純銀一九·八五公斤。此項純銀，成為黑色小晶體，聚於盤底負極片之四圍。清理時，除去金銀塊正極片及木架，將溶液泌去，取出純銀晶體，用稀硫酸洗淨，然後鑄成銀條。煉廠內可用五十五個電解盤，首尾銜接相連，如此則發電機之電量為一百一十活Volts二百二十安培Amperes 每日煉得純銀共計一千零九十一公斤，1091 Kg。

### 電解法煉金

和威氏方法Wholwill process 電解法煉金，適用於合金六成以上之金銀塊。溶液內含氯化金 $AuCl_3$ —10%鹽酸HCl 10%，此溶液運流不息，由此盤流至別盤，繼復抽回，使溶液和勻，每一電解盤內，有正極片五件，以金銀粗塊鑄成，有負極片六件，以純金片製成。正極片面積九六〇·平方公分，兩面合計一九二〇·平方公分，電流密度，每平方公尺一千安培。每一電解盤之正極片，共有面積九千六百平方公分，共用電流九百六十安培。電動力二·三活。十個電解盤共需電動力二十三活四，電流九百六十安培。每日夜二十四小時，共可積得純金五百六十三公斤，563, Kg。

## 冶金學上卷校誤表

(頁數)	(行數)	(錯 誤)	(更 正)
1	5	磁電選礦	電磁選礦
2	13	磁電選礦	電磁選礦
2	24	鉛銻鐵銅等	鉛銻鉍銅等
3	6	才料容易	材料容易
3	24	則每百斤鐵石	即每百斤鐵石
3	24	含若干金鋁	含若干斤金鋁
4	20	方有開採價值	方有開採價值。
9	3	溪流之大畧	溪流之大畧
12	8	$Q=4\sqrt{H^3}$	$Q=0.4\sqrt{H^3}$
13	4	水量時	量水時
13	24	用水可使	用水時可使
15	9	以作水層	以作水層。
20	17	而鉛銻可提	而鉛銻可提
21	11	鑿口打扁	鑿口打扁
26	2	$V=111.15 \times 111.15$	$V^2=111.15 \times 111.15$
27	21	片釘成之曲通。丙鋼丁	鋼片釘成之曲通。丙丁
30	21	且皮滾往往	但皮滾往往
31	11	如第十九圖(e)	如第十九圖(d)
32	13	這令去填管	這令全填管
33	8	分兩層射割	分兩層射割
42	15	闊二寸四英尺	闊二十四英尺
47	17	槽底有橫板	槽底有橫板
48	7	約一尺八寸	約一尺八寸
51	3	向兩邊伸開	向兩邊伸開
52	24	礦成粗粒	礦成粗粒
67	1	面機亦	機面亦
70	14	以便手持	以便手持。
74	10	氣錘比較張力錘	汽錘比較張力錘
74	11	密斯勒管	密斯勒管
74	16	箭柱連於	鉛柱連於
82	3	又分為旋轉	又分為旋轉
82	5	震動篩為	震動篩為
82	5	多用此二種	多用此二種。
82	15	穿輪眼而出	穿輪眼而出
84	10	如十四目	如四十目
85	20	鋼條鍊條	鋼條鍊條
86	8	鋼條之中央	鋼條之中央
93	5	有橫橋板	有橫橋板
90	9	各大迴轉廠	各大迴轉廠
92	12	浮速而沉慢	浮速而沉慢
97	12至13	彈弓壓低至上升之距離高凡十九字	彈丸取清

(頁數)	(行數)	(錯 謬)	(更 正)
101	22	最少, O·一五噸	最少 O·一五噸
110	10	Buddleso	buddleso
115	12	懸掛於橫樑之下	懸掛於橫樑 / 之下
123	8	適用於向柱機器	適用於何種機器
129	25	Na <sub>2</sub> S 溶, 液	Na <sub>2</sub> S 溶液,
153	19	浮游選礦。機	浮游選礦機。
154	尾行	H 益改 E 一行	移置 155 頁尾行
158	4	B 為每平方英寸	B' 為每平方英寸
158	5	A 為磁心每一英寸	A' 為磁心每一英寸
169	2	宜離皮帶底	宜離皮帶底
173	4	經過乾燥器	經過乾燥器
173	11	截面形	截面形
178	18	宜頻頻舉動	宜頻頻攪動
178	20	700°C	700°C
180	21	450°C	450°C
181	4	組成綠化金屬物	組成綠化金屬物。
183	2	或乾松柴	或乾松柴
185	7	熱度故非損壞	熱度, 故非損壞
185	26	反射爐之爐膛	反射爐之爐膛
186	1	900°C	900°C
187	14	鋼片 q 行於	鋼片 g 行於
187	24	逐漸移至爐頭	逐漸移至爐頭
189	12	全身管相似	全身管相似
189	13	是將草摺	是草摺將
194	19	此器之運用	此器之運用
194	24	圖內為旋轉鐵筒	圖內。為旋轉鐵筒
196	24	有旋轉軸 h	有旋轉軸 b
198	1	及中央孔 g	及中央孔 g
198	22	及連接焗法	及連接焗法
199	8	此釜最用	此釜最適用
200	10	受大熱熔結成塊	受大熱熔結成塊。
200	17	火引爐	引火爐
201	7	鎔成結塊	鎔成成塊
212	12	硫化銀 Ag <sub>2</sub> Cl	硫化銀 Ag <sub>2</sub> S
230	7	成色高而用費廉	成色高而用費廉
232	17	攪取沉澱物	攪取沉澱物
233	17	溶解於膏化液	溶解於膏化液
233	26	方用膏化法提煉	方用膏化法提煉
251	1	新鮮膏化, 液	新鮮膏化液,
254	1	去桶內所餘	放去桶內所餘
258	2	Continuous	Continuous
277	24	2H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2H <sub>2</sub> SO
278	2	800°C	800°C



國立中山大學理工學院叢書

冶金學上卷

編著者                      李            翼            純

發行者                      國立中山大學出版部

售書處                      國立中山大學出版部

印刷處                      廣州蔚興印刷場

---

定價大洋叁元

