

中等專業學校教學用書

選礦學

上 冊

С. И. 波立金 著

有色金屬工業管理局編譯科 譯

重工業出版社

選 礦 學

【上 冊】

С. И. ПОЛЬКИН 著

重工業部有色金屬工業管理局編譯科譯

1 2/11



評閱者：

礦長 A. B. 特羅依茨基
技術科學碩士 K. A. 西蒙諾夫

內容提要

本書詳盡地論述了有色金屬礦石的浮選法、重力選礦法和電磁選礦法，介紹了這一類礦石的破碎、磨礦和分級的知識，並敘述選礦過程所採用的設備。書中引述專門的一章——選礦廠設計。

本書供礦冶中等技術學校選礦專業和礦冶高等學校學生作為教學參考書。亦可供工程師和技術員應用。

С. И. ПОЛКИН
ОБОГАЩЕНИЕ РУД
(Москва 1953)

* * *
選礦學（上）

重工業部有色金屬工業管理局編譯科譯
重工業出版社（北京西直門內三官廟11號）出版
北京市書刊出版業營業許可證出字第〇一五號

* * *
重工業出版社印刷廠印

一九五四年十二月第一版

一九五四年十二月北京第一次印刷（1—4,130）

787×1092 · $\frac{1}{25}$ · 213,000 字 · 印張 9 · $\frac{1}{5}$ · 定價 13 500 元

* * *
發行者 新華書店

本書係根據蘇聯國立黑色及有色冶金科學技術書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的波立金 (С. И. Полькин) 著「選礦學」(Обогащение руд) 1953年版譯出。原書經有色冶金部教育司審定為技術學校參考書。

本書中譯本分上下兩冊出版。上冊由第一章至第七章，下冊由第八章至第十八章。

參加本書翻譯工作的為有色金屬工業管理局編譯科苑家良(第三、五、八、九、十一、十六章)，汪英俊(四、十三、十四、十五章)，諸光明(六、十八章)吳雅煥(五章)，谷安海(十二章)，陳學忠，徐珍娥(十七章)及重工業部工業教育司徐敏時(導言前言一、二章)諸同志。

本書審校人係中南礦冶學院選礦系系主任胡為柏教授等。

目 錄

前 言	(1)
導 言	(2)
第一章 選礦過程	(7)
§ 1. 選礦概論	(7)
§ 2. 選礦過程的分類	(11)
第二章 礦石的成份及其分析	(15)
§ 1. 概 論	(15)
§ 2. 平均樣品	(15)
§ 3. 篩 析	(17)
第三章 破 碎	(23)
§ 1. 概 論	(23)
§ 2. 破碎過程	(26)
§ 3. 破碎機械 (碎礦機)	(34)
§ 4. 磨礦機械	(77)
第四章 篩 分	(118)
§ 1. 概 論	(118)
§ 2. 篩分過程	(118)
§ 3. 篩 子	(120)
第五章 水力分級	(142)
§ 1. 概 論	(142)
§ 2. 水力分級過程	(143)
§ 3. 水力分級機	(160)
§ 4. 機械分級機	(163)
第六章 破碎流程和磨礦流程	(195)
§ 1. 破碎流程和篩分流程	(195)
§ 2. 磨礦流程與分級流程	(199)
§ 3. 設備運用的主要規程	(212)
§ 4. 設備的快速檢修	(213)
第七章 脈礦和砂礦的洗選及擦選	(216)
§ 1. 概 論	(216)
§ 2. 洗礦機械	(217)

前 言

本書按照有色冶金部教育司所審定的礦冶中等技術學校教學大綱寫成，可供學習一般的及專業的選礦課程之用。

書中詳盡地論述了浮選、重力選礦和電磁選礦法。第三章到第六章是講述礦石的破碎、磨礦和分級。本書最後一章為「選礦廠設計」，其中列舉有色金屬選礦的課程設計和畢業設計所需的資料。

在敘述選礦設備時，著者引用了本國製造廠的資料（技術規格）。

著者謹向校閱原稿某些章節，提供很多寶貴意見和指示的技術科學碩士Г. А. 韓、技術科學碩士В. В. 涅夫斯基和С. Н. 米特羅凡諾夫教授表示謝意；並向在搜集技術經濟資料和有關斯達哈諾夫工作的數據時、給與幫助的С. А. 別爾烏申教授、經濟學碩士Т. И. 貝科娃、經濟碩士С. О. 格納脫夫斯基表示謝意。以及向在搜集數字和圖表資料時給與幫助的Г. А. 謝多娃工程師、А. И. 別林什天工程師和В. И. 特里豐諾娃工程師表示謝忱。

著者謹向評閱者技術科學碩士К. А. 西蒙諾夫和編輯者А. В. 特羅依茨基礦長表示深切的謝意。其批評意見大大地改進了本教科書的原稿。

著 者

導 言

蘇聯人民在蘇聯共產黨和我們英明的領袖和導師約·維·斯大林的領導下，勝利地解決由社會主義逐漸地過渡到共產主義的問題。蘇聯共產黨第十九次代表大會，在關於第五個五年計劃的指示中，指明繼續發展蘇聯國民經濟的道路。在指示中，特別提到「大大擴大有色金屬的生產。在五年期間，有色金屬生產的增加情形大致如下：精銅增加百分之九十，鉛增加 1.7 倍，鋁至少增加 1.6 倍，鋅增加一倍半，鎳增加百分之五十三，錫增加百分之八十」。^{*}

擺在採礦工業工作者面前的任務是：不斷地改進有用礦物的開採和處理的技術，廣泛地掌握並運用新的技術和新的勞動組織形式，以保證進一步完成和超額完成國家發展社會主義工業的任務。

發展黑色和有色冶金業、煉礦工業、礦山化學工業都與有用礦物精選技術發展水平有很大的關係。

有用礦物精選是在礦石技術分選流程中的中間環節，亦是煉礦工業中的最後一環。它擴大我國原料資源並保證合理地而綜合地利用被開採出來的有用礦物。

在我國開採和處理有用礦物時，有用礦物精選得到很大的發展並達到高度的技術水平。

有用礦物精選早在紀元前一千年以來，就被用來處理砂金和砂錫。大家知道，在古代是進行原始的破碎作業和將金礦在堅硬岩石製成的磨盤間將其搗碎及碾碎，並進行洗礦。

早在一四八八年，沙皇伊萬第三即曾招集會分離金礦與脈石的技工從事礦業工作。烏拉爾採金場的出現也推動了有用礦物精選技術的發展。

一七四八年，耶卡傑林堡（Екатеринбург）的礦業家提議要在烏拉爾（依塞奇河畔）建立起第一座金礦洗選廠。

一七六三年，偉大的俄國學者 M. B. 羅蒙諾索夫在其卓越的著作「冶金業或礦業之初步基礎」中論述到這種選礦過程，如手選、破碎、篩分、洗選等等。與羅蒙諾索夫同時代的人，首要的俄國選礦事業革新家，И. Н. 保爾祖諾夫，K. Д. 伏羅洛夫在阿爾泰建立了幾座搗碎和洗礦廠。在廠中裝設有當時他們所創造的機器設備。

K. Д. 伏羅洛夫所建造的洗礦機可以節省 70% 的工人，並大大地降低了洗選金礦的成本。他首先利用水能使生產過程機械化和自動化。世界上著名的、第一部蒸氣機的天才發明家 И. И. 保爾祖諾夫曾在阿爾泰建立了洗礦和碎礦廠，其中裝設處理金礦的構造特殊的器械。著名的機器如壓軋機、庫利賓磨礦機（發明

^{*} 蘇聯共產黨第十九次代表大會——一九五——一九五五年蘇聯發展第五個五年計劃的指示
國立政治書籍出版社，1952 年版，第 6 頁

人B. A. 庫利賓)的誕生地就是俄國。

十九世紀初期選礦事業中的一些革新家，如提出改進沖洗沙金法的Д. И. 布魯士尼契恩，使其擴大了工業的規模，如伊里兒基塔耶夫，他是第一部含金礦沙沖洗機的發明者，如П. И. 阿諾索夫，B. A. 切列巴諾夫和其他很多人，都是在俄國和國外很有名的。

十九世紀時在俄國烏拉爾、阿爾泰、頓巴斯、高加索和遠東已經開辦了十座選金廠、洗煤廠、有色和黑色金屬的選礦廠。

在十七到十九世紀之間，俄國有色冶金工業的成就，對於這樣具有有利的地質條件和有色及稀有金屬豐富埋藏的大國而言，實在是太渺小了。

有色冶金工業的不夠發達，首先是由於我國所有的工業幾乎都握在外國資本家的手中；……「在一九一四年以前，俄國各最重要工業部門是握在外國資本，主要是英、法、比三國即協約國資本手裡。俄國最重要的冶金工廠是由法國資本家把持着。整個說來，冶金業差不多有四分之三（百分之七十二）依賴於外國資本。」〔聯共（布）黨史簡明教程，俄文版 156 頁，中文版 202 頁〕。

外國資本家爲了追求利潤祇是奪取最富的礦區，這樣就破壞了礦區的完整，妨礙了選礦事業的發展；除了掠奪式的經營外，他們還儘量地企圖降低這些礦區的價值，因之便隱瞞其實際的埋藏量。革命前俄國的落後性還表現在一些最重要的有色金屬，像鋁、鎳、鈷、錳、鎢、和其他的稀有金屬完全不能生產。

俄國有色冶金業的真正繁榮和迅速發展的開始，祇能在偉大的十月社會主義革命成功之後。使選礦事業成爲最完全地和綜合地使用我國礦物財富之技術部門，已是屬於蘇維埃政權的年代。十月革命後，開始修建以先進技術裝備起來的大型工廠來代替小型的、手工業方式和簡陋的工廠。

在斯大林五年計劃的年代中，是在全新的技術基礎上，並使用最新的選礦方法，例如使用優先浮選法和其他從矽石中綜合選取貴重成分的方法，來發展有色冶金工業。

現在，成千的選礦廠每年處理上億噸的有用礦物。蘇聯研究工作者、工程師、斯達哈諾夫工人每年不斷地改進選礦技術，因之就創造出新穎和更多的生產設備以及創立新的技術流程。他們熟悉新而又新的有用礦物，並提高從其中選出有用成分的品位和採收率。

選礦技術之所以到達現代的水平，我國的學者和現職工作者起了很大的作用。

如前所述，第一部豐富的敘述選礦過程的著作是在一七六三年出版的。它是出於第一位偉大的俄國學者М. В. 羅蒙諾索夫之筆。這是第一部廠礦企業的教科書。並且是俄國礦業家和做石研究者必讀的指導書籍。

一七七三年在彼得堡開辦了礦業學院，它是世界上礦廠事業第一流的高等學校之一。

在一八四三年，彼得堡礦業學院А. И. 烏扎基斯教授出版了「礦業技藝教程」，其中主要是偏重於有用礦物精選的。

在一八七六年彼得堡礦業學院教授 П. П. 多羅申科出版了幾本關於煤、頁岩及其他有用礦物的重力選礦法方面的理論著作。在一八八四至一八八六年間 О. П. 沃依斯洛夫教授在礦業學院裏建立起第一座半生產規模的選礦設備。這選礦設備奠定了選礦方面實驗工作的基礎。

一八九六年在彼得堡礦業學院開始有系統地研究有用礦物精選。而在一九〇六至一九〇七年 А. А. 斯闊琴斯基（如今是科學院士）第一次開始在俄國講授「有用礦物精選學」這個獨立的課程。

一九〇八年在彼得堡出版第一部有用礦物精選學的必讀書籍，即 А. И. 科爾福欣所著之「有用礦物的機械加工」一書。同年於彼得堡礦業學院組成有用礦物選礦教研室。在一九〇九年領導教研室和講授有用礦物選礦學是 Г. О. 切巧特教授擔任。他在一九一六年建成俄國第一個大型的選礦實驗室。此實驗室是屬於礦業學院的，並為後來建立最大的機械選礦科學研究院和設計院（Механобр）打下基礎。

Г. О. 切巧特教授研究了有用礦物取樣、精選、以及選礦廠設計和施工等項問題新的理論。Г. О. 切巧特在一九二二至一九二七年出版的四卷集在幾年間成為選礦專業工作者的主要參考書。

從一九〇八年耶卡捷利諾斯拉夫斯克（Екатеринославск）礦業學院，即現今德涅泊爾彼得羅夫斯克（Днепропетровск）礦業學院的教授 В. А. 古西柯夫開始對頓巴斯選煤廠研究重力選煤、片岩、硫化礦的一些規律性的工作。

在我國，發展有色金屬選礦的巨大科學中心是托博斯克（Томск）工學院。從一九〇〇年開始研究含金礦石可選性的 И. Л. 托維教授，還有研究煤之可選性的 И. С. 別恩教授就在那裏工作。В. Я. 莫斯托維奇教授（一八〇〇至一九三五年）完成了一系列的有價值的冶金著作和關於細粒礦物的硫化銅礦、硫化鉛鋅礦以及烏拉爾、阿爾泰、卡查赫斯坦（Казахстан）所產礦石之浮選的著作。В. Я. 莫斯托維奇在我國首創浮選研究，是浮選廣泛應用於工業上的開端。В. Я. 莫斯托維奇研究工作的最大發展，是在第一個斯大林五年計劃年代中，當時他的著作曾被廣泛地用於冶金工廠和處理有色金屬礦的選礦廠的建設中。

М. Ф. 奧爾金和 С. Е. 安得烈耶夫教授在革命前就已開始了自己的科學活動，現時更成功地繼續着他們的科學活動：М. Ф. 奧爾金是在斯維爾德洛夫斯克礦業學院和在烏拉爾機械選礦研究院的黑色金屬及有色金屬選礦領域中工作，而 С. Е. 安得烈耶夫是在列寧格勒礦業學院選礦、選煤和其他有用礦物選礦領域中進行工作。

從建立蘇維埃政權的第一天起，蘇聯政府和共產黨就開始組織有色冶金學院和研究院。一九一八年九月四日 В. И. 列寧簽署了「有關於立莫斯科礦業研究

院]的指示。

在一九二〇年，以 В. И. 列寧簽署的指示組成了科學研究院和設計院，即機械選礦研究院（簡稱Механобр）發展成爲具有全國的和世界意義的最大的學院。它集中所有有用礦物選礦領域內的先進思想。

一九二八年在莫斯科礦業研究院（МГА）的有色金屬系中開始培養有色金屬浮選工程師。В. А. 莫斯科維奇和 Г. О. 葉爾奇科夫斯基教授是浮選課程之創始人。在1929年，這些學者在蘇聯編出第一本教材「浮選理論和浮選藥劑」和實用教程「浮選」。

一九三〇年，在莫斯科礦業研究院有色金屬系的基礎上，組成了設有「有色金屬礦石精選」專業的獨立的有色冶金學院。

一九三〇年，在莫斯科礦業研究院的基礎上，建立起六個專門學院，其中每一座學院裡學習的學生要比莫斯科礦業研究院多好幾倍。同時，從莫斯科礦業研究院中分出之莫斯科礦業學院也設立了有用礦物精選專業。

在一九三〇至一九五一年的時期中，建立起很多培養選礦工程師的高等學校〔伊爾庫斯克（Иркутск），卡查赫（Казახск）和北高加索（Одессо-кавказ）礦—冶學院以及斯維德洛夫斯克礦業學院等〕。

除了高等學院以外，現在在有色冶金及黑色冶金工業中有五十所爲選礦廠培養中等技術幹部的技術學校。在蘇維埃政權的年代中，在有色冶金學院裡培養出成千出身於勞動人民的新型的蘇維埃工程師。斯大林同志在第十八次蘇聯共產黨（布）代表大會上說過——這個新的人民的社會主義的智識界之誕生，就是我國文化革命最重要成果之一。*

在所有的工業部門中，建立各個工業部門的廣泛的研究網和設計院，亦有助於我國選礦事業的發展。如：機械選礦研究院、國立有色冶金學院（Гипцветмет）、烏拉爾機械選礦研究院、國立稀有金屬冶金學院（Гипрредмет）、全蘇鋁鎂學院（ВАМИ）、國立有色冶金設計院（Гипроцветмет）、銅礦設計大學（Энипромед）、國立稀有金屬冶金設計院（Гипрредмет）、國立鋁礦設計院（Гипроникель）、國立鋁礦設計院（Гипроалюминий）和其他一系列的研究院及其許多設在有色冶金企業集中地區的分院。

採礦冶金大學，科學研究學院和我國企業實驗室的很多教授和教師的集體以及蘇聯科學院各研究所的學者（礦業研究所、冶金研究所、普通和無機化學研究所等）和蘇聯加盟共和國的科學院（卡查赫斯坦科學院，別洛露西亞和烏克蘭科學院等）的學者，領導着有用礦物精選領域中的科學工作。

蘇聯學者的工作是與企業中的斯達哈諾夫工作者，工廠實驗室的工作者密切聯繫着的。我國知識份子的勞動是與實踐和共產主義建設的需要密切結合着的。

* 見斯大林：列寧主義問題，外國文書籍出版社印行，1948年版，772頁。在第十八次黨代表大會上關於蘇共（布）中央工作的總結報告，國家政治書籍出版社，1939年版，36頁。

在發展重力選礦過程中，B. A. 古西科夫、C. E. 安得烈耶夫、П. B. 賈申科，M. Ф. 奧爾金等的著作是享有盛名的。在發展浮選過程的理論和實踐中，П. A. 列賓捷爾，A. H. 那魯姆金，B. H. 莫斯科維奇，П. H. 普拉克辛，Д. A. 什維多夫，B. H. 特魯什列維奇，С. H. 米特羅凡諾夫，С. M. 雅秀克維奇，K. Ф. 別洛格拉卓夫，Г. О. 耶爾奇科夫斯基，M. A. 愛格列斯，И. A. 卡闊夫斯基，O. C. 波格丹諾夫，B. H. 克拉辛等的著作是很有名的。在發展選礦機械製造的理論基礎和創造新的破碎機械設備和浮選機結構等等，有П. B. 列文遜，B. A. 倫德克維斯特，K. A. 倫德克維斯特等的著作。

蘇聯的學者與工程師和斯達哈諾夫工作者共同研究最先進、最現代化的技術操作流程、設備、機件和各種有用礦物精選用的表，藉以保證選礦廠實際操作的高度指標。擺在學者和生產工作者面前的任務，就是要憑藉着有用礦物精選理論和實踐的發展，保證進一步提高選礦的工作指標。

第一章 選礦過程

§ 1. 選礦概論

「有色金屬」的概念包括原有的有色金屬，即銅、鉛、鋅等以及稀有的、貴重、散佈金屬。

在平時有色金屬對所有的國民經濟工業部門有着最重要的意義。但是有色金屬在戰時更具有特殊的意義，因為其中大多數是屬於戰略上的金屬。

如果沒有有色金屬，則任何工業和農業以及軍事部門便不可能存在和進一步發展。有色金屬廣泛地用於機器製造業、電氣工業、建築業、飛機製造業、坦克製造業、各種車械、彈藥的生產以及家常用品和輕便器具的生產等等。

按照銅、鋁、金、銀和其他有色金屬的生產量，蘇聯在世界各國中是居領導地位。有色金屬的生產是隨我國社會主義國民經濟增長的需要，而不斷地發展着。例如，在一九四六至一九五〇年內，銅的生產增加為 160 %。而鋁的生產增加為 200 %。但是，我國建設共產主義的任務，需要繼續發展有色金屬的原料基地及其生產技術。

在所有的工業部門、農業、尤其是在機器製造業中，技術的進步要求更迅速地發展有色金屬的生產。

有色金屬的來源，就是有用礦物或含一種和幾種有色金屬的岩石。

凡有用礦物中，含有近代技術經濟條件下可能選出的貴重金屬量者，就稱為礦石。但是，並不是所有含貴重成分之有用礦物都可以叫做礦石。因為，礦石之定義是有條件的，它不僅決定於現代的技術條件，並且是根據社會主義國家的條件，以及發展國民經濟的利益而確定。

含有一種貴重金屬或礦物的礦石，叫做簡單的或單金屬礦石。如在其中含有兩種或更多種的貴重礦物時，此礦石叫做複雜的或多金屬礦石。在岩石中有用礦物並不含有足以將其選出之量者，稱為脈石。

組成礦石的礦物，是金屬硫化物的，稱為硫化礦物、硫酸化礦物等等。呈氧化物的，稱為氧化礦物、低價氧化礦物等等。與此相當的礦石，含有呈硫化物型的有價礦物叫做硫化礦，而含呈氧化物型的稱為氧化礦。含有好幾種礦物的礦石叫做混合礦石。

地下埋藏的有色金屬礦石，如不預先進行選礦，則大多數是不能直接從其中提煉出金屬的。

因此，譬如對冶煉加工而言，就要求一定的金屬含量，常預先規定對每一種

礦石的技術規格。

一般的有色金屬礦含大量的岩石，而其中的金屬含量，常遠遠低於冶煉技術條件所需之金屬含量。

除金屬品位相當低以外，有色金屬礦石的礦物組成和化學組成還特別複雜。它是含有好幾種有色金屬和稀有金屬以及礦物的綜合礦石。這些金屬共同存在於礦石中，如不預先選礦，就難以進行冶煉（而在某些情況下除外）。為了進行有色金屬的生產，就必須事先加以處理。處理的結果，在最小的費用和最大的技術經濟效率下，得到可以從其中冶煉出有色金屬和有價值共生成分的產物。選礦過程包括預先處理有用礦物和使用特殊的操作將其分成兩種和更多的產物。此類產物中都富集有一種或一組礦物。

礦物預先處理的結果，一般是得到兩種或更多的產物：主要的含脈石礦物的尾礦，和一種、兩種和更多種的精礦。在精礦中富集有相當的有用礦物。這就是選礦過程的基本。

選礦技術的發展大大地擴大了工業原料的基礎，使那些以前因為品位太低和成分複雜而不能在工業上應用的脈石變為有用的有色金屬礦床。選礦技術繼續改進，不僅提高分選礦物的效率，而且也擴大有色冶金業之原料基地，因為它使含有有色金屬品位更貧的有用礦物也變得可以開採。

選礦的應用，並不增高成本，而相反地，却減少處理礦石之最終價值。例如，在處理精礦的冶煉廠中熔煉含60%的鉛精礦時，其進入冶煉處理的產物體積，較之用含5% Pb礦石直接進行熔煉縮小到1/12.5。如果冶金工廠位於距礦山很遠的地方，而選礦廠直接設在礦山附近，那末，在這種情況下，運輸費用就節省很多。並且也減少所有下一步作業的費用：減少冶煉用機組設備的數目，減少勞動力和工廠的技術管理人員的數量。這點很顯然地可以由處理100噸礦石，經過預先選礦和未經選礦得到一噸金屬鉛估價比較表（表1）來說明。表中所引述的數目字是有條件的。

採用選礦過程的經濟利益是很明顯的。在這種情況下煉出1噸鉛的成本要低得多。現在選礦過程被廣泛地採用，它不僅用於處理貧礦，而且也用於處理較富的礦石：95%以上的有色金屬礦石都要進行選礦，而僅僅約5%的富礦不進行選礦。

在沒有選礦以前，由於錫、鎢、鋁、汞和銻等金屬在礦石中的品位很低，而富礦的埋藏又極其有限，所以這些金屬礦石在當時是不能進行冶煉的，採用選礦便促進了這些工業部門的發展。

(表 1)

處理鉛礦石和煉出 1 噸金屬鉛的估價比較表

未進行預先選礦			進行過預先選礦		
費 用 項 目	條 件 成 本		費 用 項 目	條 件 成 本	
	處 布	%		處 布	%

處理 100 噸鉛礦石之估價比較表

1 噸礦石按 40 處布計算			1 噸按 40 處布計算		
開採 100 噸礦石之成本……	4000	8.8	開採 100 噸礦石之成本……	4000	8.8
1 噸公里按 5 戈比計算			1 噸按 20 處布計算		
100 噸礦石 200 公里距離的運費……	1000	2.2	100 噸礦石選礦用的成本……	2500	5.6
1 噸按 400 處布計算熔煉			1 噸公里按 5 戈比計算 8		
100 噸精礦之成本……	40000	89.0	噸精礦 200 公里的運費……	80	0.18
			1 噸精礦按 400 處布計算熔		
			煉 8 噸精礦之成本……	3200	7.12
總 計	45000	100.0		9780	21.7

煉出 1 噸金屬鉛之估價比較表

煉出 1 噸鉛需開採 22.8 噸礦石，每 1 噸按 40 處布計算	912	8.8	煉出 1 噸鉛需開採 22.8 噸礦石，每 1 噸按 40 處布計算	912	8.8
22.8 噸礦石距離為 200 公里之運費，每 1 噸公里按 5 戈比計算……	228	2.2	22.8 噸礦石之選礦費用每噸按 25 處布計算……	570	5.50
熔煉 22.8 噸礦石，每噸按 400 處布計算……	9120	89.0	所得到的 1.9 噸精礦，200 公里的運費每噸公里按 5 戈比計算……	19	0.18
			熔煉 1.9 噸精礦之成本每噸按 400 處布計算……	760	7.47
總 計	10260	100.0	總 計	2261	22.0

附註：在某種情況下 100 噸礦處理的礦石中可以煉出 4.4 噸金屬鉛

祇有採用選礦以後，才有可能合理地利用複雜的、多金屬礦石中的全部貴重成分。才使得每一種有用礦物分成獨立的精礦並單獨地進行冶煉加工。

爲了使有色金屬進一步進行冶煉，所以選礦時首先要從有色金屬礦石中儘量分出和精選出含有色金屬的礦物。

物理性質、化學性質和組成礦石的礦物其他性質的區別，在選礦時具有重要的意義。選礦方法的選擇，選礦前礦石準備的條件和選礦技術指標都是與礦物的

各種性質有關的。

在自然界中可遇到5000種以上的天然礦物類型，在附錄（在書末）中列述主要礦物及其簡要的特性。

礦石經過選礦，結果得出名爲精礦、中礦、尾礦的產品。這些概念是相對的，因爲在實際上所有得到的產品，都富集了某一種礦物，從而在一定程度上，它們都是精礦。

在現代技術發展的水平上，選礦的尾礦可以理解爲其中富集着礦石的礦物，即不含有色金屬（或含極少量有色金屬）的產品，照例是現在認爲沒有工業價值的產品。隨着選礦技術的發展，這種概念是可以變更的，因爲所有類型的礦物原料，在將來都可在工業上應用。蘇聯的先進選礦廠中，現在已經擬定利用石英尾礦作爲熔劑，而含礬土的尾礦用作煉鋁用的精礦等。

有色金屬選礦中的精礦，就是指其中含有一種有價值礦物或幾種有色金屬礦物的，其礦物成分總含量能滿足冶煉要求的產品，即從精礦中能進一步煉出有色金屬和有價值的成分。從精礦或尾礦的定義可得出中礦的定義：中礦就是一種選礦過程由於某種原故並沒有做完的中間產品。中礦所含的有價值礦物少於精礦而多於尾礦。

選礦時，選出的精礦中的金屬含有量對原礦中的金屬總含有量之比，以百分數表示，叫做採收率（ $\epsilon\%$ ）。

原礦的重量對從其中選出的精礦重量之比，叫做選礦比（ r ）。

例如，含5%Pb（ $\alpha\%$ ）的鉛礦100噸（ Q ）進行選礦。選礦後得到含60%（ $\beta\%$ ）之精礦8噸（ $r\%$ ）和92噸含0.2%Pb的尾礦。

這些數值之間形成下述關係：

式中 ϵ ——精礦中金屬的採收率%；

α ——原礦中金屬品位%；

β ——精礦的金屬品位%；

r ——精礦的重量%。

依此，鉛精礦採收率是：

$$\epsilon = \frac{r\beta}{\alpha} = \frac{8 \times 60}{5} = 96\%,$$

而選礦比是

$$r = \frac{Q}{r} = \frac{100}{8} = 12.5$$

即送到冶煉廠之精礦量（重量）較礦石重量減少到 $\frac{1}{12.5}$ 。含0.1%金屬的貧礦（鋁、鎢、鉬等精選過程的作用就是最典型的。這類礦石選礦後得到含60%金屬之精礦，採收率爲90%。則精礦產量僅佔全部的0.15%（ $r = \frac{\epsilon\alpha}{\beta} = \frac{90 \times 0.1}{60}$ ）

=0.15%)，即從1000噸被處理的礦石中得到1.5噸精礦。選礦比為：

$$r = \frac{Q}{T} = \frac{1000}{1.5} = \frac{100}{0.15} \approx 667.$$

選礦的任務是從礦石中選出有用礦物，並盡可能的使礦石中的有價值成分在高的採收率條件下，選成與脈石分開的最富和最純的精礦。應當着重指出，選礦是使有用礦物與脈石機械的分離。因為選礦的結果並不變更礦物本身的物理性質和化學性質。

§ 2. 選礦過程的分類

根據個別礦石和礦物不同的物理、化學和礦物性質，就要應用不同的有用礦物精選法。最常見的有下述主要的選礦法。

重力選礦法 它是根據礦物比重的不同和礦物在水中或空氣（氣體）中不同的沉落速度。在水介質中進行的重力選礦法，從而體現於跳汰機、搖床、溜槽上以及在重液和浮懸液中等所進行的選礦法，是主要的並且廣泛地用來處理含金、錫、鉛和其他金屬以及非金屬有用礦物的選礦法之一。在空氣介質中選礦或稱為氣選或風選。在原則上是與在水中的選礦法相同的，但是很少使用，因為對按沉落速度分選而言，空氣介質不及水來得合適。

浮選法 它是基於礦物表面物理、化學性質之不同。在水中有化學藥劑和氣泡（或沒有它）存在時，有用礦物浮於礦漿之表面（磨細的礦石與水之混合物叫做礦漿，其中礦石顆粒呈懸浮狀態），從而在表面形成礦化泡沫。將泡沫刮出成為產品而得到含有價值成分的精礦，並將其與未浮起的脈石礦物（尾礦）分離。

手選（揀選），它是根據單個礦物的顏色和光澤的不同。選礦過程是按礦塊或脈石的外表，用手來進行挑選。因為有色金屬脈石多半是細粒嵌佈礦物（通常肉眼是看不清的），所以手選就比較用得少，祇是作為輔助作業。

粒度選礦 它是根據有用礦物和脈石顆粒粒度之不同。操作過程多半是在篩分機上使大顆粒與細粒礦物分離。

按礦物形狀選礦 它是根據結晶及其化合物形成不同的形狀的性質，這樣便可能與脈石分離（例如煤、石棉、片岩，有板狀的礦塊可以與圓形之脈石分離）。

摩擦選礦 它是根據礦物沿斜面運動時，其摩擦力之不同。譬如，選石棉礦時就可使用（纖維狀的石棉礦質慢滑斜面滑動或是在螺旋分離器中運動，而在實際上脈石礦物很快地沿斜面滾動）。

電磁選礦法 是根據礦石的礦物顆粒透磁性的不同。

靜電選礦法 是根據礦物導電性之不同。

採用所列舉的選礦法之一時，礦石必須要預先進行準備。

每一種選礦方法祇有將從礦山採來之不同粒度的礦塊，破碎到單體分離或接近於這種程度時，才能有效地被採用。祇有在單體分離的情況下，才能採用某種選礦方法，把有用礦物從脈石中分選出來。

絕大多數的有色金屬礦是極細粒嵌佈的有用礦物。其嵌佈細度達到 0.1—0.01 毫米和更細些。為了使這種礦石準備好進行選礦。就必須進行破碎和磨細。

在破碎和磨細過程中，要將其分成較細和較粗的產品，較粗的產品應當進行再破碎。按粒度使礦石分離的作業叫做篩分，而按礦物之粒度和比重（按等落性）分離的作業叫做分級。

因為有色金屬主要的選礦法（浮選、重力選礦）要用水，所以送到冶煉廠去的最終產品（精礦），含有一定百分數的水分。這種水分必須除掉、排除水分的作業叫做脫水，這種作業是由濃縮、濾過和乾燥組成的。

圖 1 是選礦作業的原則性的一般的流程圖。

圖 2 和圖 3 表示原則性的選礦流程圖（圖 2 是重力選礦流程圖，圖 3 是浮選流程圖）。

原料流動的順序和作業的連續性，從所列的流程圖中可以看到：在表示礦塊粒度數目字之前的正號（+）和負號（-）如：—600+0 毫米，就表示礦塊最大粒度不超過 600 毫米。而最小者可能很小，即最小的本身尺寸接近於 0 毫米。在礦石中所有中等大小的礦塊尺寸可以由 600 到 0 毫米。

粒度由 600 到 0（毫米）之原礦

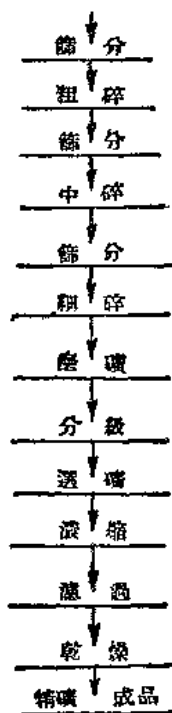


圖 1 選礦作業原則性之流程