

苏联中等专业学校教学用书

選礦學

上 冊

С. И. 波 立 金 著

原重工业部有色金屬工业管理局編譯科 譯

冶金工业出版社

苏联中等专业学校教学用書

选矿学

上册

C. H. 波立金 著

原重工业部有色金属工业管理局編譯科 譯

重工业部工业教育司 校

冶金工业出版社



本书系根据苏联国立黑色及有色冶金科学技术书籍出版社（Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии）出版的波立金（С.Н.Полькин）著「选矿学」（Обогащение руд）1953年版译出。原书经有色冶金部教育司审定为中等专业学校使用教学参考书。

本书中译本分上下两册出版。上册由第一章至第七章，主要介绍有关有色金属矿床的破碎、磨碎和分选的知识并叙述这些过程所采用的设备。下册由第八章至十八章，详尽地叙述了有色金属矿石的浮选法、重力选矿法和电磁选矿法并叙述了所采用的设备。

本书最后一章还引述了有关选矿厂设计的基本知识。

本书供矿业中等专业学校选矿专业和矿冶高等学校学生作为教学参考书。亦可供工程师和技术人员应用。

参加本书翻译工作的为有色金属工业管理局编译科（第三、五、八、九、十一、十六章），汪英俊（第四、七、十三、十四、十五章），谌光明（第六、十八章），吴锦煊（第五章），谷安海（第十二章），陈学志，徐珍娥（第十七章）及重工业部工业教育司徐敏时（导言、前言、第一、二、三章）诸同志。

本书第一版校者系中南矿冶学院选矿系。

本书第二版重校者为重工业部工业教育司徐敏时同志等。

С.Н.Полькин: ОБОГАЩЕНИЕ РУД

Металлургиздат (Москва-1953)

选矿学（上册）原重工业部有色金属工业管理局编译科 译

1956年8月第二版 1959年10月北京第7次印刷 1,505册（累计16,676册）

850×1168 • 1/32 • 250,000字 • 印张 $8\frac{14}{32}$ • 定价 1.00 元

冶金工业出版社印刷厂印刷

新华书店发行

书号 0204

冶金工业出版社出版（地址：北京市灯市口甲45号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第093号

目 錄

前 言	(1)
導 言	(2)
第一章 選礦過程	(8)
§ 1 選礦概論	(8)
§ 2 選礦過程的分類	(13)
第二章 礦石的物質組成及其分析	(17)
§ 1 概 論	(17)
§ 2 平均試樣	(17)
§ 3 篩 析	(20)
第三章 破 碎	(32)
§ 1 概 論	(32)
§ 2 破碎過程	(33)
§ 3 破碎機械 (碎礦機)	(39)
§ 4 磨礦機械	(87)
第四章 篩 分	(137)
§ 1 概 論	(137)
§ 2 篩分過程	(137)
§ 3 篩 子	(140)
第五章 水力分級	(161)
§ 1 概 論	(164)
§ 2 水力分級過程	(164)
§ 3 水力分級機	(186)
§ 4 機械分級機	(196)
第六章 破碎流程和磨礦流程	(225)
§ 1 破碎流程和篩分流程	(225)
§ 2 磨礦流程和分級流程	(230)
§ 3 設備的主要操作規程	(245)

§ 4 設備的快速檢修	(247)
第七章 原生礦床和砂礦床的礦石洗選和察選	(251)
§ 1 概 論	(251)
§ 2 洗礦機械	(252)
中俄人名對照表	(262)
中俄名詞對照表	(264)

前 言

本書按照有色冶金部教育司所審定的礦冶中等專業學校教學大綱寫成，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法、重力選礦法和電磁選礦法。第三章到第六章講述礦石的破碎、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，著者都採用本國製造廠的資料(技術規格)。

著者謹向校閱原稿某些章節並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Б.В.涅夫斯基和С.И.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.別爾烏辛教授、經濟學碩士Т.Д.貝科娃、經濟學碩士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.Д.別林什天工程師和В.Н.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。他們所提出的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，指明進一步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，鉛增加一·七倍，鋁至少增加一·六倍，鋅增加一倍半，鎳增加百分之五十三，錫增加百分之八十」^①。

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工業、煤礦工業、礦山化學工業都與有用礦物精選技術的發展水平有很大的關係。

有用礦物精選是在礦石技術處理流程中的中間環節，亦是煤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全面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所進行的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，在古代對金礦所進行的破碎作業都是很簡陋的，把它放在堅硬岩石製成的磨盤間搗碎及碾碎，此後進行洗選。

早在1488年，沙皇伊萬第三即曾招募會分離金礦與脈石的技工從事礦業工作。在烏拉爾採金場的出現也推動了有用礦物精選技術的發展。

1748年，葉卡捷林堡（Екатеринбург）的礦業家提議要在烏拉爾（伊塞特河畔）建立起第一座金礦洗選廠。1763年，偉大的俄國學

① 蘇聯共產黨第十九次代表大會一九五一——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

者 М.В. 羅蒙諾索夫在其卓越的著作〔冶金業和礦業之初步基礎〕中論述到這些選礦過程，如手選、破碎、篩分、洗選，等等。羅蒙諾索夫的同代人，俄國首要的選礦事業革新家 И.И. 波爾祖諾夫和 К.Д. 伏羅洛夫在阿爾泰建立了幾座碎礦廠和洗礦廠。在這些工廠中裝設有當時他們所創造的機器設備。

К.Д. 伏羅洛夫所創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. 波爾祖諾夫曾在阿爾泰建立了洗礦廠和碎礦廠，在這些工廠中裝設有構造特殊的處理金礦的器械。著名的機器壓軋機和庫利賓磨礦機（發明人 В.А. 庫利賓）的誕生地就是俄國。

十九世紀初期選礦事業中的下列一些革新家，都是在國內（俄國）和國外很有名的，如提出改進砂金洗選法的 Л.И. 布魯士尼契恩，由於他提出了改進的方法，因而使之擴大了工業規模，如第一部含金礦砂洗礦機的發明者伊果兒·基塔耶夫，如 П.П. 阿諾索夫，Е.А. 切列巴諾夫和其他很多人。

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

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埋藏豐富的大國而言，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裏。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，外國文書籍出版局出版，1953年莫斯科版第 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，因之便隱瞞了其實際的埋藏量。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、鎂、鎳、鈷、錳、鉬、和其他的稀有金屬完全不能生產。

俄國有色冶金工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。使選礦事業成為最完全而全面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礦石中全面選取有用成分的方法，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、斯達哈諾夫工作者每年不斷地改進選礦技術，因之就創造出新的和更多的生產設備以及創立新的工藝流程。他們掌握了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。

選礦技術之所以達到現代的水平，我國的學者和現廠工作者都起了很大的作用。

如前所述，第一部豐富地敘述選礦過程的著作是在1763年出版的。它是出自偉大的俄國學者М.В. 羅蒙諾索夫之筆。這是第一部礦冶方面的教科書。也是俄國礦業家和礦石研究者必讀的指導書籍。

1773年在彼得堡開辦了礦業學院，它是世界上礦冶方面第一流的高等學府之一。

1843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〕，書中有用礦物精選方面佔很大篇幅。

1876年彼得堡礦業學院教授П.Я. 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1884至1886年間С.Г. 沃依斯洛夫教授在礦業學院裏建立起第一套半生產規模的選礦設備。這些選礦設備奠定了選礦方面實驗工作的基礎。

1896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1906至1907年А.А. 斯科琴斯基（如今是科學院士）第一次開始在俄國講授〔有用礦物選礦學〕這門獨立的課程。

1908年在彼得堡出版第一部有用矿物选矿学的必讀書籍，即 A. II. 科尔祖欣所著之「有用矿物的机械加工」一書。同年於彼得堡矿业学院組成有用矿物选矿教研室。在1909年領導教研室和講授有用矿物选矿学的是 Г. О. 切巧特教授。他在1916年建成俄国第一个大型的选矿實驗室，此實驗室是屬於矿业学院的，並为后来建立最大的机械选矿科学研究設計院（Механобр）打下基础。

Г. О. 切巧特教授研究了有用矿物取样、精选、以及选矿厂設計和施工方面新的理論。Г. О. 切巧特在1922至1927年出版的四卷集在几年間成为选矿專業工作者的主要參考書。

耶卡捷利諾斯拉夫卡矿业学院，即現今的德涅伯罗彼得罗夫斯克矿业学院的教授 B. A. 古西柯夫从1908年針對頓巴斯选煤厂开始研究煤、片岩、硫化矿的重力选矿过程的規律。

在我国，發展有色金屬选矿的巨大科学中心是托姆斯克工学院。研究含金矿石可选性的 Л. Л. 托維教授，还有研究煤之可选性的 Н. С. 別恩教授和 B. Я. 莫斯托維奇教授，从1900年开始就在那里工作。莫斯托維奇教授（1880至1935年）完成了許多有价值的冶金著作和關於細粒浸染的硫化銅矿、硫化鉛鋅矿以及烏拉尔、阿尔泰、哈薩克斯坦所产矿石之浮选的著作。B. Я. 莫斯托維奇在我国首創浮选研究，这将成为浮选广泛應用於工業上的开端。B. Я. 莫斯托維奇研究工作的最大發展，是在第一个斯大林五年計劃年代中，当时他的著作曾被广泛地用於冶金工厂和处理有色金屬矿石的选矿厂的建設中。

М. Ф. 奥尔金和 С. Е. 安得烈耶夫教授在革命前就已开始了自己的科学活动，現时更成功地繼續着他們的科学活动：М. Ф. 奥尔金是在斯維尔德洛夫斯克矿业学院和在烏拉尔机械选矿研究院进行黑色金屬及有色金屬选矿方面的工作，而 С. Е. 安得烈耶夫是在列宁格勒矿业学院进行选矿、选煤和其他有用矿物选矿方面的工作。

从建立苏維埃政权的初期起，苏联政府和共产党就开始組織有色冶金学院和研究院。1918年9月4日 B. И. 列宁簽署了「有关建立莫斯科矿业研究院」的指示。

1920年，根据 B. И. 列宁簽署的指示組成了机械选矿科学研究

設計院，它發展成為具有全國的和世界意義的最大的研究院，成為集中所有有用礦物選礦領域內的先進思想的研究院。

1928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礦的浮選工程師。B.A.莫斯托維奇和Г.О.葉爾奇科夫斯基教授是浮選課程之創始人。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〕。

1930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。

1930年，在莫斯科礦業研究院的基礎上，建立起六個專門學院，其中每一座學院裏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1930至1951年的時期中，建立起很多培養選礦工程師的高等學校（伊爾庫茨克、哈薩克和北高加索礦冶學院以及斯維爾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還有五十所為選礦廠培養中等技術幹部的中等專業學校。在蘇維埃政權的年代中，在有色冶金學院裏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」^①。

在所有工業部門中，建立研究院和設計院的廣泛的研究網，亦有助於我國選礦事業的發展。如：機械選礦研究院、國立有色金屬研究所（Гинцветмет）、烏拉爾機械選礦研究院、國立稀有金屬研究所（Гинредмет）、全蘇鋁鎂研究所（ВАМИ）、國立有色冶金設計院（Гинроцветмет）、烏拉爾銅鎳設計院（Увипромедь）、國立稀有金屬冶金設計院（Гипроредмет）、國立鎳礦設計院（Гипроникель）國立鋁礦設計院（Гипроалюминий）和其他一系列的研究院及其許

①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聯共（布）中央工作的總結報告。

多設在有色冶金企業集中地區的分院。

我國採礦冶金高等學校的很多教授和教師的集體、科學研究學院和我國企業實驗室的學者和工作者以及蘇聯科學院各研究所的學者（礦業研究所、冶金研究所、普通化學和無機化學研究所等）和蘇聯加盟共和國科學院（哈薩克斯坦科學院，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。

在發展重力選礦過程中，В. А. 古西柯夫、С. Е. 安得烈耶夫、П. В. 略申科、М. 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. А. 列賓捷爾，А. Н. 弗魯姆金，В. Я. 莫斯托維奇，И. Н. 普拉克辛，Д. А. 什維多夫，В. И. 特魯什列維奇，С. И. 米特羅凡諾夫，С. М. 雅秀克維奇，К. Ф. 別洛格拉卓夫，Г. О. 葉爾奇科夫斯基，М. А. 愛格列斯，И. А. 卡闊夫斯基，О. С. 波格丹諾夫，В. И. 克拉辛等的著作都是很有名的。在發展選礦機械製造的理論基礎和創造新式的破碎磨礦設備和浮選機等方面，有П. Б. 列文遜，В. А. 倫德克維斯特，К. А. 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、最近代化的工藝流程、設備、機械和各種有用礦物精選用的儀表，藉以保證現有選礦廠的高度工作指標。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，保證進一步提高現廠的工作指標。

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、鋅等以及稀有金屬、貴金屬和稀散金屬（稀有金屬的一組，如鈾、鈾、鈾、銻、銻、銻。——譯者）。

在平時有色金屬對國民經濟所有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、電器工業、建築業、飛機製造業、坦克製造業、各種軍械、彈藥的生產以及家常用品和輕便器具的生產等等。

就銅、鋁、金、銀和其他有色金屬的生產而言，蘇聯在世界各國中佔居領導地位。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1946至1950年內，銅的生產增加了160%。而鋁的生產增加了200%。但是，我國建設共產主義的任務，需要進一步發展有色金屬的原料基地及其生產技術。

在所有工業部門、農業、尤其是在機器製造業中，技術進步要求更快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，含有現代技術經濟條件下可能選出的有用成分量者，稱為礦石。但是，並不是所有含有有用成分的有用礦物都可以叫做礦石。因為，礦石的定義是有條件的，在社會主義國家的條件下它不僅決定於現代的技術條件，而且還決定於對發展國民經濟的利益。

含有一種有用金屬或礦物的礦石，叫做簡單礦石或單金屬礦石。如果礦石中含有兩種或更多種的有用礦物，此礦石叫做複雜礦石或多

金屬礦石。在岩石中有用礦物並不含有足以把它選出之量者，稱為脈石。

組成礦石的礦物，呈金屬硫化物的，稱為硫化礦物、硫酸鹽礦物等等。呈氧化物的，稱為氧化礦物、低價氧化礦物等等。根據這點，礦石，含有呈硫化物型的有用礦物的叫做硫化礦，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，譬如冶煉加工部門，對每一種類型的礦石就要求為技術條件所規定下來的一定的金屬品位。

有色金屬礦通常含有大量脈石，而其中的金屬數量，常遠遠低於冶煉技術條件所需之金屬數量。

除了金屬品位相當低是有色金屬礦石的特點之外，礦物組成和化學組成特別複雜也是它的特點。有色金屬礦石是含有好幾種有色金屬和稀有金屬以及礦物的多成分礦石。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）。為了利用這類礦石進行有色金屬生產，就必須事先加以處理。處理的結果，就可以在最小的費用和最大的技術經濟效率下，從其中冶煉出有色金屬和有價值共生成分的產品。選礦過程包括預先處理有用礦物和用特殊的操作使之分成兩種和更多的產品。此類產品中都富集有一種或一組礦物。

預先處理礦石的結果，通常得到兩種或更多的產品：主要是含脈石礦物的尾礦，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內容。

選礦技術的發展大大地擴大了工業原料的基地，從而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礦床變為有用的有色金屬礦床。進一步改進選礦技術，不僅會提高分選礦物的效率，而且還可以擴大有色冶金業的原料基地，因為它使含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經過預先選礦和未經選礦得到一噸金屬鉛和處理 100 噸礦石的成本計算比較表(表 1)來說明。表中所引述的數目字是假定的。

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 噸鉛的成本降低到 $\frac{1}{12.5}$ 。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 % 的富礦不經過選礦來處理。

由於錫、鎢、鉬、汞、鎢等金屬在礦石中的品位很低，而富礦的埋藏量又極其有限，因此這些金屬礦石不經過選礦就不能夠進行冶煉。由於採用了選礦，從而促進了這些工業部門和許多其他工業部門的發展。

祇有在採用選礦以後，才有可能合理地利用複雜的、多金屬礦石中的全部有用成分，從而每一種有用礦物才能分成獨立的精礦並分別地進行冶煉加工。

爲了進一步對有色金屬進行冶煉，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、選礦前對礦石預先進行準備的條件和選礦工藝指標，都是與礦石中各個礦物的各種性質有關的。

在自然界中可遇到 2000 種以上的天然礦物類型，在附錄(在書末)中列述其中主要的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。這些概念都是相對的，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脈

表 1

處理鉛礦石和煉出 1 噸金屬鉛的成本計算比較表

未進行預先選礦			進行過預先選礦		
費用項目	假定成本		費用項目	假定成本	
	盧布	%		盧布	%

處理 100 噸鉛礦石的代價計算比較表

1 噸礦石按 40 盧布計算 開採 100 噸礦石的成本...	4000	8.8	1 噸按 40 盧布計算 開採 100 噸礦石的成本...	4000	8.8
1 噸公里按 5 戈比計算 100 噸礦石 200 公里距離的 運費.....	1000	2.2	1 噸按 25 盧布計算 100 噸礦石選礦用的成本	2500	5.6
1 噸按 400 盧布計算熔 煉 100 噸鉛礦的成本.....	40000	89.0	1 噸公里按 5 戈比計算 9 噸精礦 200 公里的運費	80	0.13
			1 噸精礦按 400 盧布計 算熔煉 8 噸精礦之成本...	3200	7.12
總 計	45000	100.0	總 計	9780	21.7

煉出 1 噸金屬鉛的成本計算比較表

煉出 1 噸鉛需開採 22.8 噸 礦石, 每 1 噸按 40 盧布計算	912	8.8	煉出 1 噸鉛需開採 22.8 噸 礦石, 每 1 噸按 40 盧布計算	912	8.8
每 1 噸公里按 5 戈比計 算, 22.8 噸礦石, 200 公里 的運費.....	228	2.2	每噸按 25 盧布計算 22.8 噸礦石之選礦費用.....	570	5.53
熔煉 22.8 噸礦石, 每噸 按 400 盧布計算.....	9120	89.0	* 每噸公里按 5 戈比計算, 所得到的 1.9 噸精礦, 200 公里的運費.....	19	0.18
			每噸按 400 盧布計算, 熔 煉 1.9 噸精礦的成本.....	760	7.47
總 計	10260	100.0	總 計	2261	22.0

附註：在某種情況下 100 噸被處理的礦石中可以煉出 4.4 噸金屬鉛

石礦物，即不含有色金屬（或含極少量有色金屬）的產品，照例這種產品現在認為是沒有工業價值的。隨着選礦技術的發展，這種概念是可以變更的，因為所有類型的礦物原料，在將來都可在工業上應用。在蘇聯的先進選礦廠中，現在已經擬定利用石英尾礦作為熔劑，而含礬土的尾礦用作煉鋁用的精礦等。

有色金屬選礦的精礦，就是指其中含有一種有色金屬的有用礦物或幾種有色金屬礦物並且其中總的礦物組成是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用成分。從精礦和尾礦的定義中可得出中礦的定義：中礦就是選礦過程由於某種原因並沒有做完的一種中間產品。中礦所含的有用礦物少於精礦而多於尾礦。

選礦時，選為精礦的金屬數量對原礦中的金屬總數量之比，以百分數表示，叫做採收率（ $\varepsilon\%$ ）。

原礦的重量對從其中選出的精礦重量之比，叫做選礦比（亦稱縮小比）（ γ ）。

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

這些數值之間形成下述關係：

$$\varepsilon\alpha = \gamma\beta.$$

式中 ε ——選為精礦的金屬採收率%；

α ——原礦中金屬品位%；

β ——精礦中金屬品位%；

γ ——精礦的重量%。

因此，選為鉛精礦的鉛採收率是：

$$\varepsilon = \frac{\gamma\beta}{\alpha} = \frac{8 \times 60}{5} = 96\%,$$

而選礦比是

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

即送到冶煉廠之精礦量（重量）為礦石重量的 $\frac{1}{12.5}$ 。