



煉銅學

B. A. 柯爾達蕭夫 著

重工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

重工業出版社

本書經蘇聯勞動後備部職工技術教學
委員會批准為技工學校教科書

煉 銅 學

技 術 科 學 碩 士

B. A. 柯 爾 達 蕭 夫 副 教 授 著
重工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

重 工 業 出 版 社

評閱者：功勳科學技術家、博士 B. A. 瓦紐柯夫教授，三級礦山總經理 И. A. 斯特利金，博士 A. A. 采特列爾教授

本書引述了煉銅生產的原料及其在熔煉前處理的資料，也敘述了冶煉車間冶煉設備的構造；論述了在冶煉設備中發生的基本物理化學過程及各種條件對這些過程的影響。此外並介紹了在冶煉設備上的工作組織和安全技術的措施。

本書供技工學校培養熔銅工（鼓風爐爐前工、反射爐熔煉工、吹爐工）的學生用，亦可供有色金屬冶煉的其它專業的學生做參考書之用。

本書係根據蘇聯國立黑色及有色冶金科學技術出版社（Государственное научно-техническое издательство литературы по чёрной и цветной металлургии）出版的，B. A. 柯爾達蕭夫（Колдашов）著的「煉銅學」（Металлургия меди）1951年版譯出。

本書翻譯人爲重工業部有色金屬工業管理局編譯科陳學忠。

本書審校人爲有色金屬工業管理局宣寧工程師。

目 錄

序言	6
概論	9
第一節 俄羅斯煉銅工業的發展	9
第二節 蘇聯的煉銅事業	9
第三節 俄羅斯學者和工程師在發展煉銅學中的作用	10
第四節 銅工業中的斯達漢諾夫運動	12
第一章 煉銅工廠的原料	14
第五節 銅的化學性質和物理性質及銅對 蘇聯國民經濟的意義	14
第六節 銅礦物和銅礦床	16
第七節 處理銅礦石的現有操作程序	20
第八節 熔劑	21
第二章 燃料、耐火材料和控制量度儀表	23
第九節 燃料及其燃燒	23
第十節 鼓風爐燃料	25
第十一節 反射爐燃料	26
第十二節 粉煤製造	27
第十三節 耐火材料	28
第十四節 控制量度儀表	32
第三章 熔煉前銅礦石的處理	45
第十五節 銅礦石的選別	45
第十六節 銅精礦的烘乾	53
第十七節 銅礦石和精礦的焙燒	61
第十八節 收塵和焙燒爐氣的利用	76
第十九節 爐料處理	88
第二十節 原材料的分類和破碎	90
第四章 銅礦石在鼓風爐內的熔煉	94

第二十一節	鼓風爐的構造	94
第二十二節	鼓風爐車間設備	107
第二十三節	鼓風爐開爐	109
第二十四節	爐料成分	110
第二十五節	熔煉的基本物理化學過程之概念	115
第二十六節	熔煉的掌握	124
第二十七節	鼓風爐中熔煉過程的檢查	132
第二十八節	鼓風爐的維護及修理	132
第二十九節	收塵和鼓風爐氣體利用	135
第三十節	銅硫熔煉	136
第三十一節	鼓風爐車間中之安全技術	141
第五章	用反射爐熔煉銅礦石和精礦	143
第三十二節	反射爐的設備	143
第三十三節	反射爐的加熱與廢氣熱的利用	149
第三十四節	車間設備	154
第三十五節	反射爐開爐	156
第三十六節	爐料成分	156
第三十七節	關於熔煉的基本物理化學過程的概念	158
第三十八節	熔煉的掌握	160
第三十九節	過程的檢查	163
第四十節	反射爐之維護及修理	165
第四十一節	反射爐車間的安全技術	165
第六章	冰銅的吹煉	167
第四十二節	吹爐的構造	167
第四十三節	吹爐車間的設備	175
第四十四節	吹爐的開爐工作	183
第四十五節	熔煉的材料	184
第四十六節	關於吹煉的基本物理化學過程的概念	186
第四十七節	吹煉過程的掌握	189
第四十八節	過程的檢查	193

第四十九節	吹爐的維護及其修理	196
第五十節	吹煉的產物	196
第五十一節	吹爐車間中之安全技術	199
第七章	經濟與勞動組織	200
第五十二節	煉銅生產的技術經濟指標	200
第五十三節	勞動組織與工作地點的組織	202
第八章	銅精煉概論	204
第五十四節	銅的火精煉	204
第五十五節	電解法精煉	207
第九章	水法煉銅概論	210
第五十六節	銅由礦石內浸出	210
第五十七節	銅由溶液中沉澱	210

序 言

銅有着巨大的國民經濟意義。社會主義建設在我國的蓬勃增長，伴隨着各種機器製造業、國防工業、工業電氣化、鐵路運輸業和農業的發展，因而對銅的生產提出了重大的要求。

蘇聯部長會議關於在伏爾加河上建立世界上最大的古比雪夫和斯大林格勒水電站和在德涅泊河上建立卡霍夫卡水電站以及開鑿土庫曼大運河，南烏克蘭運河和北克里米亞運河的決議是蘇聯國民經濟飛躍成長的鮮明例證。由於這一決議，在執行全國電氣化的工作中就需要大量銅。

黨和政府對於蘇聯有色冶金的發展，特別是對銅生產的發展一向給予最深切的注意，並給予了全面的援助。

在 1946~1950 年恢復和發展蘇聯國民經濟的五年計劃的法令中寫道：「在五年計劃中將銅的生產增大為原來的 1.6 倍……。在五年計劃中增大礦山、選礦場和銅工業工廠的能力。完成在卡查赫蘇維埃社會主義共和國的第一批銅礦聯合廠的建設。在南烏拉爾建設第一批新的煉銅聯合工廠。將新的銅電解工廠建成，並投入生產」（15—16頁）。

由此也就相應地提高了對於訓練具有必須熟練程度的幹部的需要。

煉銅生產中的主要工種是爐前工、熔煉工和吹爐工，他們的技術熟練程度決定着熔煉爐和其它冶金設備的正常的和穩定的爐況，因而也決定車間工作的質量的和數量的技術經濟指標。

經過爐前工、熔煉工和吹爐工工作訓練的藝徒學校的學生在學習時就應意識到這一工作崗位的一切重要性和責任性，並極力瞭解冶金過程的要點和鑽研熔煉班維護冶金設備及其附屬設備的職責。

根據技術熟練程度規定熔銅工應瞭解下列事項：

- (1) 原料的分類，成分和性質及原料在熔煉前的準備次序；
- (2) 爐料各成分的比例及對其要求；
- (3) 有色金屬選礦的基本原理；
- (4) 精礦焙燒和烘乾的目的；
- (5) 用於煉銅生產中的耐火材料；
- (6) 在煉銅生產中所用的燃料的種類和性質；
- (7) 爐料計算原則；
- (8) 在熔煉過程中各成分的行為；

- (9) 鼓風爐和反射爐熔煉過程的及冰銅和爐渣生成過程的實質；
- (10) 提煉粗銅過程的實質；
- (11) 主要設備和附屬設備的構造及其操作和維護規程；
- (12) 鼓風爐和反射爐的熱規範及其控制的規則；
- (13) 控制量度儀器及其使用規則；
- (14) 在鼓風爐和吹爐維護風口的規則；
- (15) 爐子不正常行程的原因；防止及消除的方法；
- (16) 加冰銅、加石英和出吹爐渣的次序；
- (17) 吹爐的過熱過程和過冷過程及調整其過程的方法；
- (18) 勞動和工作崗位的斯達漢諾夫式組織；
- (19) 技術安全規程和勞動衛生規則。

本教材依照規定的教學大綱闡述銅生產的問題。講本書之前要求學生熟悉物理學和化學原理，並且要知道化學元素的符號和最簡單的化學反應。

本書作者深深地感謝功勳科學技術家，博士，B. A. 瓦紐柯夫教授，三級礦山總經理 H. A. 斯特利金和博士 A. A. 采特列爾教授，他們擔負起了審查手稿的責任並提出了一系列有價值的意見和建議。

概 論

第一節 俄羅斯煉銅工業的發展

銅是人類早在遠古就已熟悉了的金屬。根據歷史材料和以整個時代——青銅紀為對象的歷史學科，可知古代人已經應用銅了。

在蘇聯領土上，古代就已經在西伯利亞和哈薩克斯坦採銅，從舊廢石場和採礦場上所發現的採掘工具可以證明這一點。

在西伯利亞的許多地方有所謂「邱其」^①坑道，在這裡發現了爐渣場，殘留的爐床、風嘴和風箱；石錘，箭頭和「邱其」銅製刀子。

1213年就曾發現並開發了俄國的齊爾明礦區（前阿爾漢哥爾斯克省）。十五世紀，俄羅斯公國領地上的人曾經試圖調整銅的熔煉，而由十七世紀前半葉起，冶銅事業在烏拉爾和西伯利亞就迅速地發展起來：1640年建成了貝斯克爾工廠，而後又建立了伏克圖斯基工廠、魏斯基工廠（1740年）、保赫斯洛夫工廠和其它前葉卡傑林堡省的工廠。在十八世紀中葉，俄國年產三千噸銅，從此以後開始將銅運往外國。

十九世紀前半葉，俄羅斯是主要的產銅國（1848年的產量曾達6500噸），並繼續將大量的銅（按當時的情況來說）運出國外。

建立了尤利亞工廠（1903年）、斯巴塞工廠（1905年）、卡蘭廷工廠（1910年）、卡拉巴什工廠（1910年）、拜依馬克工廠（1913年）等以後，二十世紀初的產銅量（1905~1913年）劇烈地增加了。1913年產銅量達三萬四千七百噸，但並不能適應國家的需要。

第二節 蘇聯的煉銅事業

蘇聯銅工業的恢復還是1922~1925年的事情。當時已恢復的工廠的產量不能滿足國家對銅的日益增長的需要。弗·依·列寧提出的蘇聯電氣化的任務要求大量增加產銅量。

1925年以後，蘇聯銅工業不僅通過重建舊工廠的方法，而且用建立新工廠的方法獲得了發展。在第一個五年計劃中已有新的冶銅工廠開始了生產，這些工廠根據最新的技術成就建立起來——實行了浮選並在反射爐內進行熔煉精礦。在以後的各個斯大林五年計劃時期，許多新的大型冶銅工廠開始了生產，因而蘇聯的產銅量較戰前水平增加了數倍。

① 邱其（Чудь）是古代俄羅斯的一個民族，是馮部落（фунские племена）的總稱（譯者註）。

進一步發展蘇聯銅工業的條件是極有利的：蘇聯有巨大的銅礦床，這些礦床在儲量方面是世界上最大的礦床。

第三節 俄羅斯學者和工程師在發展煉銅學中的作用

由於處理礦石方法的不斷發展，人類更加需要研究金屬及其他化合物的性質。作為一種科學的冶金學直接隨着化學的發展而發展了。

M. B. 羅蒙諾索夫(1711年~1765年)奠定了科學的冶金學的基礎。由於他所發現的在化學反應中的質量不減定律，處理礦石的方法纔獲得了科學的根據。他所著的「冶金和採礦技術的主要根據」一書是一部真正的冶金方面的科學著作(1763年)，在這一本書中他以科學的觀點分析了冶煉金屬的過程，並加以批判式的研究。

十八世紀末葉和十九世紀初期，在俄羅斯曾有一系列的冶金方面的巨大發明。Д. Н. 門捷列耶夫(1870年)週期律的發明在當時是世界化學科學成就的頂峯，是研究金屬及其化合物性質的一個工具。Д. К. 齊爾諾夫，Н. О. 庫爾納科夫，А. А. 拜依柯夫，В. Я. 莫斯托維奇，В. А. 瓦紐柯夫，В. И. 斯米爾諾夫及其他俄羅斯學者的工作對理論冶金學做了巨大的貢獻。

俄羅斯礦業工程師謝明尼可夫首先在1866年應用了銅的吹煉方法，當時這一方法是使冰銅轉變為粗銅的新方法。

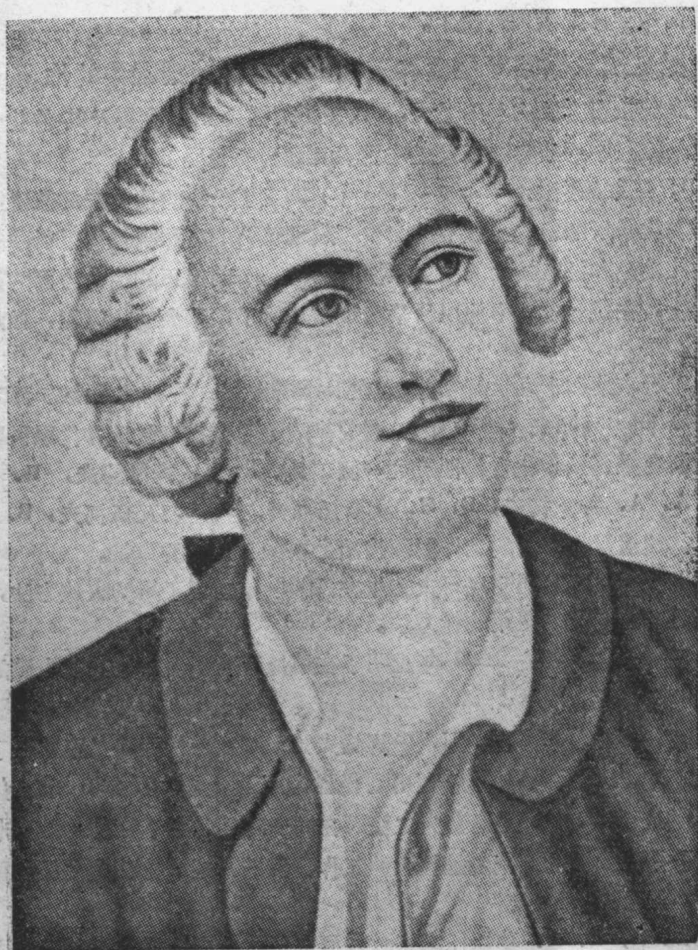
謝明尼可夫工程師於1866年說明了在熔煉時利用由於黃鐵礦中硫的燃燒所產生的熱的必要性。

在1905~1907年，А. И. 伊萬諾夫工程師在基什德姆工廠進行了自熱熔煉的實驗工作，以後將自熱熔煉應用到賽盟諾夫工廠(1907年)和基什德姆工廠(1910年)。М. Ф. 納烏莫夫工程師在同一時期也做了實驗，並在卡拉巴什工廠組織了全廠規模的冰銅的鹼性吹煉工作。目前，這一方法應用於我國所有的煉銅工廠中。

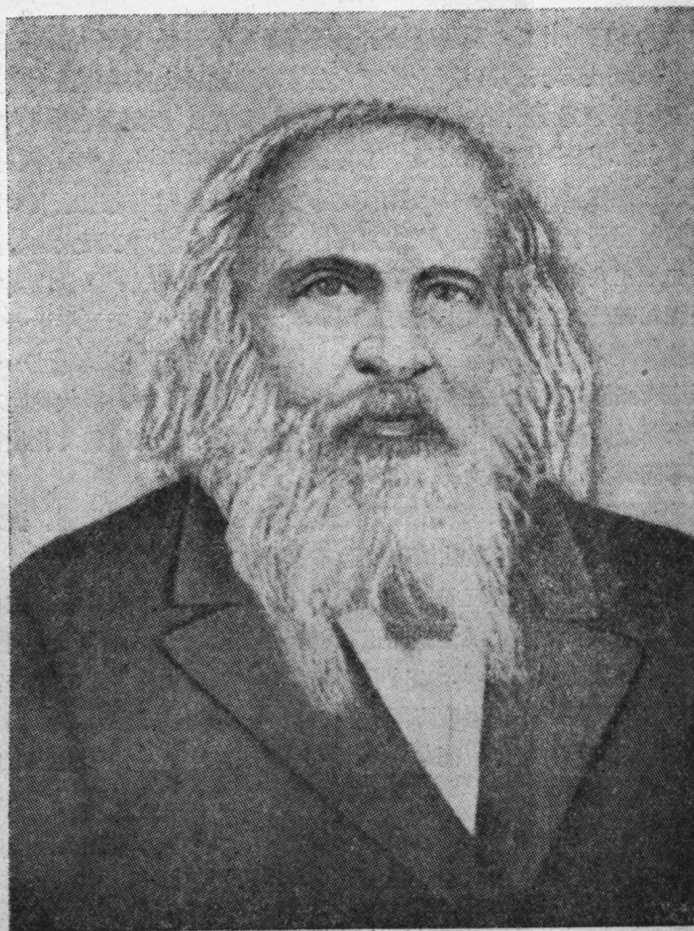
在1914年，В. Я. 莫斯托維奇教授研究了冰銅中氧的含有率，從而證明了氧化鐵渣在冰銅中的可溶性。В. А. 瓦紐柯夫教授發表了關於在高溫下元素親合力的經典著作。科學院院士 А. А. 拜依柯夫研究了自熱熔煉的理論。В. И. 斯米爾諾夫在半自熱熔煉方面進行了巨大的工作。

偉大的十月社會主義革命在包括有色冶金者的蘇維埃學者和工程師面前開闢了無限的可能性，他們對現存方法的理論及強化和新方法的製定做了許多研究工作。

蘇維埃學者和工程師廣泛地發揚了技術方面的首倡精神，做出了許多創造，以保證進一步地由技術上革新有色冶金的所有環節和保證產銅量的增加。



M. B. 羅蒙諾索夫



Д. И. 門捷列耶夫

第四節 鋼工業中的斯達漢諾夫運動

由於斯大林五年計劃，蘇聯變成了一個有着高度發展的最新技術的強大的工業化國家。一九三五年五月，斯大林同志在紅軍學院學生畢業典禮大會上發表講演，說：「爲要使技術動作起來並把它運用到底，就需要有精通技術的人材，就需要有善於學會利用並巧於運用這種技術的幹部。技術沒有精通技術的人材，便是死的東西。技術有精通技術的人材來使用，便能够而且應當顯出奇蹟來」。^①斯大林同志的這一演說獲得了由下而上的廣大的，群眾性的反應，喚起了巨大的勞動高潮。

由於先進工人的倡議蓬勃地掀起了斯達漢諾夫運動，這一運動以異常的速度普及到全國，普及到國民經濟的所有部門。斯大林同志一九三五年十一月在蘇聯第一次斯達漢諾夫工作者會議上發表講演時，曾說，斯達漢諾夫運動「……是社會主義競賽底新高漲，是社會主義競賽底新的更高的階段」^②。斯大林同志指出，斯達漢諾夫運動開闢了走向共產主義的道路，它包含有工人階級文化技術高漲底種子，它導向智力勞動和體力勞動間的對立性的消滅。

精通技術的斯達漢諾夫工人創造着企業工作的高度的生產指標。由於斯達漢諾夫運動的結果，冶鋼工廠的生產指標也不斷提高。

烏拉爾一個煉鋼工廠的反射爐班長沙德林和謝爾巴柯夫同志由於在技術上有素養地和注意地操作爐子，並協調而正確地組織了全班工作，所以達到了在每一平方公尺爐底面積上 4.55~4.8噸爐料的熔煉量。熔煉工注意地看守着，使爐子不斷獲得足夠的熱量，不使溫度降低。爐前工則及時地放出積存的水銅和爐渣，不使渣面和水銅面超過標準，而加料工則不斷細心地小批地加入爐料，以便不致於造成大爐坡阻塞爐子。

另一個煉鋼工廠反射爐班長貝卓夫同志曾達到 4.97 噸/平方公尺爐底的爐料熔煉量，這是因爲他保證了爐子的必要的溫度和給風量。

斯達漢諾夫運動發起以前，烏拉爾自熱熔煉鼓風爐的生產能力在一晝夜中是 45~55 噸/平方公尺風嘴區爐子截面面積。烏拉爾工廠的斯達漢諾夫工作者達到了 110 噸/平方公尺風嘴區截面的熔煉量。他們之所以達到這種成就，是因爲他們正確地理解了爐子生產能力與給風數量、給風中氧的完全利用和對於爐子行程的密切觀察的關係。他們及時地加入爐料，消除已生成的料坑和吹空區。

繼高熔煉量技師之後，成長了無數的繼承者，他們顯著地提高了熔爐的生產能力，達到了高度的技術經濟指標。

① 約·斯大林，在克里姆林宮紅軍學院學生畢業典禮大會上的演說，第 6 頁。

② 約·斯大林，在第一次斯達漢諾夫工作者會議上的演說，第 3 頁。



В. Я. 莫斯托維奇

第一章

煉銅工廠的原料

第五節 銅的化學性質和物理性質及銅對蘇聯國民

經濟的意義

銅是玫瑰紅色的金屬，比重為 8.93。純銅具有很大的韌性、延展性和柔軟性，容易鍛造和壓延成薄片，可以冷軋和熱軋成細金屬絲。與其它有色金屬相較，銅具有很大的強度和延性。銅的熔化溫度是 1083°C ，沸點是 2567°C 。

銅具有高度的導熱性。它能很好地抵抗許多化學藥劑的作用，但能溶解於硝酸及王水中，而在加熱時亦可溶於濃硫酸中。銅在鹽酸、硫酸和銨的水溶液中當有空氣存在時也溶解。銅在空氣中表面氧化，覆以一層鹼性碳酸鹽的綠色薄膜，使銅不再氧化。

銅的主要的對技術有價值的性質是它的高度導電性；在導電性方面，除銀以外，銅高於一切金屬，因此得以廣泛地作為電工導線、電工機器和儀器應用於電工界中。

由於銅對於各種化學藥劑作用的抵抗力很大，故用以製造化學工業的器具。

銅能很好地與許多金屬製成合金。在工業中最普遍的銅合金是青銅和黃銅。

銅和鋅的合金叫做黃銅，黃銅的含鋅率可在很大的限度內變化(10—40%)。含鋅率小於(約 10%)，合金叫做砲銅。黃銅很易軋製；並可模壓和壓鍛處理之。銅也可製成銅板、銅條、銅管、子彈殼和各種配件(水龍頭、活門等)。

從前，銅和錫的合金(錫青銅)叫做青銅；現在，銅和鋁、矽或鎳的合金也叫做青銅。

錫青銅能很好地抗蝕，其特點是具有高度的可鑄性，收縮很小。但是由於錫的缺少及其價值的高昂，錫青銅的應用在很大的程度上受到了限制。所以，近來在工業中廣泛地應用較賤的無錫青銅—鋁青銅、矽青銅、鎳青銅。

鋁青銅含 Al 5—10%。矽青銅中矽的數量可以到 5%。在銅—矽合金中加入鋅(5—10%)時，可改善這種合金的可鑄性。

含 2.5% 以內 Be 的鎳青銅，其特點是具有高度的機械性質和可淬性。熱處理以後，鎳合金的性質接近於特殊鋼。



A. A. 拜依柯夫

在工業中，青銅用以製造蝸輪傳動、齒輪、軸承、水泵和各種構件（活門、活瓣、水龍頭等）。

蘇聯所用的主要銅種是電解銅，電解銅皆製成陰極板狀，及各種不同形狀的銅錠，以便於進一步處理（棒狀用以製造金屬線，矩形板狀用以製造銅片等）。

電解銅含有 99.9~99.95% 的銅，用於電工上，製造特種合金、金屬絲和電導線。

冶銅廠用礦石提煉出的銅叫做吹爐銅或粗銅，其中含有約 1~1.5% 的雜質，雜質中有貴重金屬（金、銀等）。這樣的銅不能用於工業中，通常須加以精煉（去掉雜質），因為在銅中即使有少量（千分之一和萬分之一）的雜質都會顯著地影響銅的性質，特別是影響銅的導電性。

銅的精煉有兩種方法——火精煉與電解精煉。用火精煉可以得到品位是 99.7% 的銅。這種銅可能具有很好的機械性質，但是為了電工的目的必須再加以電解精煉，電解精煉能去掉餘下的雜質，並能提出銅內的貴重金屬（金和銀），貴重金屬不能用其它方法收回，因為單獨的提取需要很大的費用。

就費用來說，火精煉和電解精煉都是用費高昂的處理過程，因此，煉銅工廠煉出的吹爐銅愈純，則銅的精煉用費亦愈低。根據這一點，吹爐銅的發售價格視其質量而定。

第六節 銅礦物和銅礦床

冶金學是一門研究關於從礦石中和從含銅的廢料中提煉金屬過程的科學。

通常，金屬和其它元素主要是和硫及氧呈化合物狀態存在於地殼中。所謂貴重金屬（白金、黃金和銀）是例外，因貴重金屬成自然狀態存在。自然銅也有之。

金屬的化合物在地殼中和其它非金屬化合物在一起。所有這些化合物都叫做礦物。

呈緻密石質狀的或呈疏松生成物狀的各種成分的礦物總合體稱為岩石。地殼就是由這種岩石組成的。含有對開採金屬有價值的岩石叫做礦石。地殼中的金屬礦石通常呈堆積體狀，以扁豆狀，囊狀或層狀埋藏之。這種堆積體構成礦床。

礦石因其金屬品位、化學成分、地方經濟條件、生產規模、開採技術的發展程度和礦石處理技術的發展程度等關係而分為工業的和非工業的。

礦石的開採和處理方法逐年改進；不斷地發現有提煉和利用組成礦石的其它元素的可能：因此，關於礦石的工業意義的概念在某種程度以內是假定的。例如，從前開採的是有不低於含銅 8% 的銅礦石，而現在，由於選礦界的成就，開採的礦石含銅為 0.7%，甚至以下。