

有色重金属冶金学

第二卷 第一分册

4
中央人民政府高等教育部推薦
中等技術學校教材試用本



有色重金屬冶金學

第二卷 第一分冊

Ф. М. 羅斯庫托夫 著
傅 崇 說 譯

商 務 印 書 館

本書係根據蘇聯黑色冶金和有色冶金科技出版社（Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии）出版的采德列爾（А. А. Цейдлер）和羅斯庫托夫（Ф. М. Лоскутов）所著“有色重金屬冶金學”（Металлургия тяжелых цветных металлов）1951年版譯出。原書經蘇聯有色冶金部教育司審定為中等技術學校教學參考書。

原書分二卷出版：第一卷內容為銅鎳冶金和煤塵捕集；第二卷內容為鉛和鋅冶金。本冊為第二卷中鉛冶金部分，由羅斯庫托夫執筆。

本書由中南礦冶學院傅崇說翻譯。

有色重金屬冶金學

第二卷 第一分冊

傅崇說譯

★ 版權所有 ★

商務印書館出版

上海河南中路二一—號

中國圖書發行公司 總經售

上海文明印刷廠印刷

(64220 B1)

1953年12月初版 版面字數169,000

印數1—15,000 定價¥8,500

上海市書刊出版業營業許可證出〇二五號

原 序

有色冶金實際上是在偉大十月社會主義革命後才從新創立起來的，擺在它面前的巨大任務，是繼續增加各種有色金屬的生產和改進它們的提煉技術過程。

有了這些任務，那末培養熟練技術的專業幹部——工程師和技術員——便具有特殊重要的意義。

近年來，曾為高等技術學校出版了大量關於有色金屬冶金方面的各種教科書和教學參考書。但直到現在還沒有一套適合中等技術學校用的有色金屬冶金方面的教科書編寫出來。學生們在修這門課程時便不得不採用不同著者所著的許多書籍，這些書籍不是為高等技術學校學生而寫，便是為匠師和工人而寫的。這種情況使得中等技術學校學生學習這門課程時感到困難。

為了彌補這個技術書籍中的缺點，曾有任務佈置下來，就是按照這門課程已經審定的教學大綱為有色重金屬冶金技術學校編寫統一的教科書。

與采德列爾教授一道，我們曾分工編寫這本教學參考書並決定把它分上下兩冊出版：上冊——銅鎳冶金和烟塵捕集，下冊——鉛冶金和鋅冶金。

因為最近已出版了羅斯庫托夫教授和采德列爾教授合著的“有色重金屬冶金計算”專門教學參考書，所以在本書中，為了減縮篇幅，沒有把冶金計算的實例包括進去。

本書在敘述鉛冶金和鋅冶金之先，敘述了俄羅斯及蘇聯科學們的工作並表明了他們在各種生產過程及冶金作為整個科學發展中的優先地位。

過去出版的有色金屬冶金方面的書籍，特別混雜着各種專利權的

公司名稱及著者名字，錯誤地把它們作為頭銜附加在幾乎每一設備及每一技術過程上。在祖國各工廠裏製造的有色冶金設備，已經加以現代化，以致此種設備很少與其原始樣式相似。有色金屬生產的技術過程，在俄羅斯科學家、工程師、技術員及工人這些生產革新者們的努力下，已經加以根本的改進。

這一切使我們有根據在過去存有的術語上作一系列的改變，並從而使學生通曉教材的過程容易一些。當然可設想我們在這方面做得還很不夠，甚至已做了的也可能引起某些相反的意見，需要修正過來。

我們闡明各種冶金過程的理論和實踐時，主要是根據蘇聯科學家和技術家的各項成就，並按照我們的力量，把它們與各項任務和有色金屬冶金在無階級共產主義社會建設的條件下繼續發展的遠景聯繫起來。

羅斯庫托夫

中央人民政府高等教育部推薦 中等技術學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國中等技術學校調整後的一項重大工作。在我國中等技術學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的教材，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：‘蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯繫實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。’我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地翻譯蘇聯中等技術學校的各科教材，並將繼續向全國推薦，作為現階段我國中等技術學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對課本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

第一分冊 目錄

原 序	1
緒 論 俄羅斯和蘇聯的科學家們在鉛鋅冶金發展中所起的作用	1
第 一 章 概論,礦石和精礦	5
簡史	5
鉛的性質及其用途	6
鉛出產統計及產鉛中心	8
鉛礦和鉛精礦	8
鉛精礦的處理方法	10
第 二 章 硫化鉛精礦的燒結焙燒	14
概論	14
各種硫化物在焙燒時的行爲	18
燒結焙燒的理論	24
爐料的準備	29
燒結鍋焙燒法	32
燒結機焙燒法	35
燒結機作業的組織和技術指標	43
燒結焙燒的技術控制	46
燒結機作業中的故障及其消除方法	47
第 三 章 鼓風爐還原熔煉法	49
概論	49
燒結塊中各個組成部分在還原熔煉時的行爲	50
爐料在還原熔煉時的行爲	57
煉爐的還原能力及其調整方法	59
煉鉛爐渣	61

回爐爐渣	72
燃料	73
鼓風	75
鼓風爐的構造	77
鼓風爐作業的組織,技術指標和熔煉的控制	85
鼓風熔煉的技術指標	89
鼓風熔煉的技術控制	90
鼓風爐作業中的故障及其消除方法	91
開爐和停爐	98
第四章 鼓風熔煉產物的處理	100
鎊及其處理法	100
黃渣及其處理法	101
高錳鐵渣的處理方法	103
第五章 沉澱熔煉和反應熔煉	114
沉澱熔煉	114
反射爐反應熔煉法	115
體式熔煉	117
近代爐式爐和體式熔煉的實踐	121
第六章 粗鉛的第一次精煉	127
粗鉛的成分	127
粗鉛除銅法	135
含銅渣處理法	138
粗鉛氧化精煉法	140
反射爐精煉的實踐	145
精煉爐渣處理法	148
粗鉛鹼性精煉法	150
精煉過程中獲得的鹼性浮渣處理法	155
第七章 鉛的除銀法	160

鉛的除銀方法及其比較的評價	160
加銻除銀法	163
銀—銻渣的蒸餾	173
富集鉛的灰吹法	178
第 八 章 鉛的第二次精煉	182
氧化精煉法	182
氯化精煉法	186
鉛的連續除銀和精煉法	188
鉛的除銻法	192
鉛的電解精煉	194
鉛錠澆鑄法	197
鉛中毒和預防方法	200

有色重金屬冶金學

緒論 俄羅斯和蘇聯的科學家們 在鉛鋅冶金發展中所起的作用

傑出的俄羅斯科學家們對我們國家鉛鋅工業的發展以及各種技術過程的改進會發生極其重大的影響。

天才科學家及哲學家羅蒙諾索夫的作品，對俄羅斯冶金事業的發展會具有很大的作用。在各個世紀及各種民族的歷史中，很少能發現出像羅蒙諾索夫那樣很有天才而又多才多藝的思想家。

柏林斯基曾寫道：“從羅蒙諾索夫起開始我們的文學”。應該指出：“我們的冶金作為科學也是從羅蒙諾索夫開始”。

羅蒙諾索夫所著發表於1763年的“冶金和礦業的首要基礎”一書，乃是俄羅斯第一本有關礦業、冶金和化學方面的教科書。偉大俄羅斯科學家的這部著名科學著作，曾給正在萌芽的俄羅斯冶金工業帶來了很大的益處。

雖然現在距羅蒙諾索夫寫這部著作的時間已將近兩個世紀，但是他所寫的技术過程有很多近於符合我們現在所進行的實踐。在此書中，他對鉛合金的各種精煉方法曾作出非常詳細的研究。很有興趣的是廢氣熱利用的觀念，直到現在為止，這們觀念依然是很進步的而且還沒有達到完全的實現。

除了對鉛、銅及其他金屬的火法冶金有深刻的研究外，羅蒙諾索夫還十分注意到有色金屬的濕法冶金。例如：他曾充分敘述了銅礦的硫酸化焙燒，使銅礦準備浸濾，隨伴次一步使膽礬從溶液中結晶出來。

十九世紀的世界科學，曾為創造“化學元素週期律”的天才俄羅斯

科學家門德雷也夫的各種著作富麗起來。這個定律不僅一般形式地確定了化學元素的原子量與其他性質之間的關係，而且還把所有元素聯合成為一個有限的整體、體驗出每一種元素在週期系中的一定位置。這個發現的重大意義是大家都知道的。

冶金家在其實際工作中每天都要用到門德雷也夫的週期律。近代冶金的成就若沒有週期律那是不可能的。

作為物理化學創始人之一的門德雷也夫在冶金學中所起的作用是非常巨大的。門德雷也夫的著作，對有色金屬的濕法冶金也有很大的關係。他對溶液問題所貢獻的研究作品，完全可稱為是經典著作。

門德雷也夫和另一傑出而飽學的俄羅斯物理化學家和冶金學庫納科夫一樣，是物理化學中和及狀態圖學說的創始人。

庫納科夫院士的研究作品及其用物理化學分析方法研究冶金學中重要系統的成功經驗，曾獲得世界聞名。

偉大十月社會主義革命勝利以後，我們國家給科技創作造成了非常有利的條件；蘇聯冶金家的創造性著作曾獲得空前未有的規模。

在蘇維埃政權時代內，我們國家建立了強大的鉛鋅工業。

在此工業上，運用了處理鉛精礦和鋅精礦的各種近代方法（浮遊選礦法、各種近代的鉛精煉法和鋅精煉法等等），掌握了更近代的冶金設備，工作人員的勞動機械化起來，並健全了勞動的條件。這個使蘇聯先進的鉛鋅冶金業創立起來的偉大工作，是在蘇聯科學家和研究家們最積極的與多種多樣的活動下進行的。

巴依科夫院士曾用自己許多關於冶金過程、金相學、普通化學及物理化學等方面的理論研究作品在學術上作出了有價值的貢獻。他的經典著作—金屬還原與氧化的理論—為這些重要的冶金過程打了深刻的基礎。

將近半個世紀以前由巴依科夫院士擬定的鉛冶金、銅冶金、普通冶金、冶金過程理論等方面的教學大綱，曾在培養熟練專家的事業中起着

重大的作用，並且直到現在還沒有失去其重要性。

巴依科夫院士曾完成了巨大而極有價值的關於研究耐火物製造方面的著作。他的“耐火材料的焙燒理論”乃是本題的第一部理論著作，並在學術上與實用上具有重大的意義。

烏拉巽夫院士曾用自己許多關於有色冶金方面，特別是鉛冶金方面的科學研究作品（反應熔煉的理論、沉澱熔煉的理論、鉛精煉過程的研究等等）促進冶金作為科學的發展和改進，現在他還繼續在這方面工作並獲得了顯著的成績。

莫斯托維契教授曾完成了關於有色金屬選礦和有色金屬冶金、培養熟練專家等方面多種多樣的並極有價值的著作。

蘇聯科學院通訊院士契日科夫的多種多樣的研究著作、教科書及教學參考書曾對各種技術過程的發展和改進發生了很大的影響。現在他仍然繼續致力於最近代的多種冶金工業問題並有顯著成績。

布里錫克和卡浦斯底斯基、德拉西莫夫和克雷斯托夫尼科夫、沃里斯基、阿維底西亞、斯密諾夫等這些著名科學家在冶金過程理論方面極有價值的著作，曾豐富了冶金學的內容並幫助把鉛鋅工業提到高度的技術水平。

鋅的濕法冶金法乃是一種新的技術過程，並已在斯大林五年計劃時代內完全為我們所掌握。這個從硫酸溶液中提鋅的進步方法的誕生地，依法必須認為是在俄羅斯，因為還是在 1909 年，俄羅斯工程師拉席斯基便在克里濟市鎮附近建立了電解鋅的小型工廠設備。當時，德國人德浦福涅爾及英國人阿什克羅伏特曾致力於電解氯化物的研究及其工業利用，此法後來未曾獲得工業的發展。

拉席斯基曾使氧化鋅礦石經受硫酸浸濾處理並使同時獲得的溶液經受電解。拉席斯基的工廠一直順利地經營到 1911 年，那時只因財政困難與完全缺乏沙皇政府的支援，才迫使這個天才俄羅斯發明家結束了他自己的工廠。由此可見：所謂美國“最早的”鋅電解廠（1915）比

拉席斯基工廠要遲六年才開工。

就鋅精礦浸濾過程的科學論證和改進以及溶液中雜質的清除和鋅電解方面來說，費多奇諾夫教授、斯捷德爾教授、阿德諾科夫教授、普列捷涅夫教授、馬科維則基教授、巴依馬科夫教授、格羅莫夫工程師、德喀爾捷夫工程師、哈葉夫、葉西諾以及其他許多科學家和研究家們的科學著作，具有極其重大的作用。

第一章 概論·礦石和精礦

簡 史

鉛是所謂有史以前的金屬中的一種。在古代所知道的只有銅，後來才發現金、銀和鉛。

根據某些記載：1556年，奧地利某省居民曾在備有斜底的關閉倉式鑪內使鉛從其硫化礦石中提煉出來。在這種倉式鑪內升燃薪柴火堆並將礦石裝入其中。鉛乃一面析出，一面沿斜底流入到特備的受器中去。類似此種構造的煉爐（直立式爐）一直應用到1836年，那時才出現第一座膛式爐。

以後，直立式爐曾在構造方面經過重大的改革：開始應用水套，發明虹吸道使鉛連續放出，開始利用強大的鼓風機等等。又確切地學會將隨廢氣帶走的鉛良好地捕集收回。

用煤加熱的煉鉛反射爐係在1698年初次建成。

俄羅斯的鉛工業肇始於十七世紀末葉。銀鉛礦的第一個礦床係發現於外貝加爾省。設在涅耳赤斯克區的第一所官辦銀鉛冶煉廠係在1708年開工。

第二個大規模的銀鉛中心區在阿爾泰。阿爾泰區礦石的特徵是含有相當多量的銀，鉛則比較地貧乏。到十八世紀末，在阿爾泰區有八個銀鉛工廠開工，並有相當數量的礦床曾被開採。

基爾吉茲草原的銀鉛工業，肇始於十九世紀四十年代。但由於邊區的一般經濟條件不敷（便利和廉價的交通道路完全沒有、冶金燃料缺乏），故在本世紀開初，該處鉛的冶煉幾乎陷於停頓狀態。

在十九世紀，高加索便被列入所謂鉛銀生產的工廠中心地。雖然在高加索曾開採過許多礦床，但加以工業利用的只有其中的一個——撒多斯哥——在現今的北沃舍梯區，開工於十九世紀三十年代。1853年，

在距撒多斯哥礦區三十五公里地方設立亞蘭喜斯基官營銀鉛工廠，該廠在克里米亞戰爭期間曾進行過加緊的煉鉛生產。

從 1909 年起開始在沿海區域開採名為“Тетюхе”的鋅鉛礦床。

在烏拉爾（主要是在布拉哥大特納礦）煉銅過程中曾獲得少數的鉛。這種鉛含有金和銀在內，曾經繼續處理以提取貴金屬。鉛的獲得不具有固定性並表現出相當大的變動範圍（42—225 噸/年）。

按實質說來，在沙皇時代的俄國，除了在得扎烏得日卡城（前倭拉的喀甫喀斯）的一個唯一的工廠以外，是沒有煉鉛工業的。在這個工廠裏一年中曾煉到一千五百噸的鉛。蘇維埃國家不得不從新創立煉鉛工業，正如創立其他各種國民經濟部門一樣。

在頭兩個斯大林五年計劃期間，建立並經營了列寧諾沃斯克煉鉛工廠。1934 年開始經營新式的強大的赤克特斯基煉鉛廠。設在得扎烏得日卡的煉鉛廠則曾加以大大地擴充。

鉛的生產在蘇聯比革命以前已增長了許多倍，並繼續一往直前發展着。我們國家有巨大的鉛鋅礦床，足可保證鉛開採的必要發展，以完全滿足對這個金屬的需要。

鉛的性質及其用途

物理性質 鉛是藍灰色的金屬。鉛的新鮮斷面有顯著的金屬光澤。在自然界中只有少數金屬狀態的鉛被發現出來，而且也只限於少數地區；因此，所有的鉛都是用還原法從其化合物中提取出來的。

鉛在固體狀態的比重是 11.34，而在液體狀態則從 327° 時的 10.686 變至 850° 時的 10.078。

鉛在比較低的溫度（約 327°）下熔化。鉛的沸騰開始於 1640°，但就在赤熱即約 500—550° 時，其揮發現象便明顯地來到。鉛的揮發增大它在製煉時的損失並迫使要在安全設備和在鉛蒸氣捕集收回方面採取一系列的辦法。某些雜質，如銻和砷，使鉛的揮發增多。

液體鉛的比熱為 0.034 卡/克。

鉛是熱和電的不良導體；如果把銀的導熱和導電指數都作為 100，則對鉛而言，導熱度只是 8.5，而導電度則為 10.7。

在所有重金屬中，鉛是最軟的。鉛的硬度得因少量的砷、銻、鹼及鹼性金屬的存在而增大。鉛的韌性則因上述雜質而猛烈地降低，特別是因錳的存在即使為量甚微。

鉛與其他各種金屬形成一系列重要的合金。這些合金的硬度超過鉛的硬度，並且它們有時具有脆性。其中某些合金有低的熔點。

化學性質 鉛的原子量為 207.2。在完全乾燥的空氣中，鉛不起化學變化。在潮濕和含有二氧化碳的空氣中，鉛則變為暗色，為氧化物薄膜所蓋覆着。熔融的鉛，視其溫度不同而迅速氧化至不同的程度。但所有鉛的氧化物，除氧化鉛 (PbO) 外，都不穩定，並於 630° 離解成 PbO 和 O_2 。

二氧化碳對鉛發生不重要的氧化作用。

純水對鉛只當有氯存在時才發生反應，並在長期的影響下形成鬆軟的氫氧化鉛。

鹽酸和硫酸對鉛的作用僅近於表面，因為形成的氯化鉛 (PbCl_2) 和硫酸鉛 (PbSO_4) 幾乎是不可溶解的，並保護在它們下面的金屬層不再受酸的影響。

濃鹽酸只當溫度在 200° 以上時才能使鉛溶解。此外，鉛對下列各物質化性穩定：亞硝基硫酸、鹼、氯和鉍鹽、氯和含氯溶液、氯酸及其鹽類、大多數有機酸、精化鉀、磷酸氫、熔融矽砂以及各種油類。

硝酸是鉛的最好溶媒。

鉛的用途 由於它的各種性質，鉛在許多不同的工業部門中有廣大的用途。

鉛之不溶解於鹽酸和硫酸，使它在化學工業用途上有極大的價值。鉛被廣泛地用在顏料工業上，它是最好的顏料的主要組成部分。

鉛在電氣工程和汽車工業方面有極廣大的用途。由於鉛有：導熱和導電不良、展性良好、抗蝕力強以及能在某些化合物中儲蓄電能的各種性質，故它被利用來製造保險絲、蓄電池、被覆線等等。

鉛也大量地用來製造印刷活字、軸承合金和用於彈丸的鑄造。

鉛在保護鐵、鋼和銅不受大氣影響這方面曾表現優越的品質，故它以鉛塗料作為保護金屬的用途日益增廣。

鉛出產統計及產鉛中心

鉛生產的重大發展，按實質說來，只從十九世紀開始。從這個時候起，鉛工業便以極其迅速的速度發展着。如果說在十九世紀初期全世界每年煉出 22—24 千噸的鉛，那末到廿世紀初期鉛的生產量便已增加了四十倍。在 1929 年間，世界產鉛量曾達到最高的紀錄。以後若干年（表 1），由於各資本主義國家內部的危機，鉛的生產量曾突然下降。

鉛礦和鉛精礦

鉛礦按存在其中的鉛礦物的不同分成兩類。如果鉛在礦石中化學地與硫結合成方鉛礦，則此類礦石稱為硫化礦。若鉛在礦石中係以碳酸鹽或硫酸鹽的形態而存在，則此礦石稱為碳酸鉛或硫酸鉛礦。

純淨狀態的方鉛礦 (PbS) 含有 83.6% Pb 和 13.4% S 。方鉛礦是分佈最廣的鉛礦物。可以這樣說：差不多全世界鉛的生產都是基於提煉硫化鉛礦的。礦石除硫化鉛外還常含有其他各種金屬如鋅、銅和鐵的硫化物。在此情況下，礦石便被稱為多金屬礦。

照例，鉛的礦石都含有銀在內，通常以輝銀礦 (Ag_2S) 的形態存在礦石中。

碳酸鉛礦乃是硫化礦經過變化後的產物。方鉛礦或硫化鉛係穩定的化合物並難溶解，因此，它往往被發現在礦床的表面。在空氣中的氧及含有碳酸鹽的水的影響下，方鉛礦漸漸地變為白鉛礦 ($PbCO_3$)；