

高等学校教学用书



有色重金属冶金学

上册

中南矿冶学院
有色重金属冶炼教研组 编

冶金工业出版社

高等学校教学用書

有色重金屬冶金学

上 册

中南矿冶学院
有色重金屬冶炼教研組 編

冶金工业出版社

有色金屬冶金學 上册

中南礦冶學院有色金屬冶煉教研組 編
冶金工業出版社出版 (北京前門外大街甲45號)
北京市書刊出版業營業許可証出字第093號
北京東單印刷廠印 新華書店發行

—— * ——
1959年9月第一版

1959年11月北京第二次印刷

印數2,505冊 (累計5,525冊)

開本850×1168 · $\frac{1}{32}$ · 480,000字 · 印張20 $\frac{4}{32}$ 插頁3 ·

—— * ——
統一書號 15062 · 1847

定價2.30元

出版者的話

“有色重金屬冶金學”是中南礦冶學院冶金系有色重金屬冶煉教研組，根據新的教育計劃與教學大綱，總結幾年來的教學經驗，結合我國實際，整理編寫的重金屬冶煉專業的教材。包括銅、鎳、鉍、鉛、鋅、錫、錳、汞等九種金屬的冶金共九篇，每三種金屬為一冊，分上、中、下三冊出版。

書中對上述各種金屬的冶金過程，從理論上與實踐上作了系統的闡述。

本書主要供作高等學校有色冶金專業的試用教材，對有色冶金部門的工程技術人員也有參考價值。

本教材的編寫與出版，時間都很倉促，加以缺乏經驗，難免存在錯誤和缺點。我們希望使用本教材的教師和同學們，在教學過程中對本書的內容廣泛提出意見，以備修訂再版時參考，使其日趨完善。意見請寄冶金工業出版社編輯部。

序 言

建国十年来，在中国共产党的领导下，我国的高等教育事业与工农业生产建設相配合，有了很大的发展，特别是经过1957~1958年的全民整风运动和反右派斗争，接着又进行了教育革命，进一步贯彻了党的“教育为无产阶级政治服务，教育与生产劳动相结合”的教育方针，高等学校的面貌起了根本性的变化。

十年来国民经济的巨大发展，特别是在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下形成的我国历史上空前的国民经济全面大跃进的新形势，要求有色冶金工业更加迅速地发展。因此，为冶金工业部門迅速地培养大批又紅又专的干部，就成为十分迫切的任务。

为了胜利地完成这一任务，必須不断提高教学質量。而合适的教材，对于“教好”“学好”，有着重大的意义。

我們过去在講授有色重金屬冶金課程时，主要是用参照苏联高等学校教材和有关文献資料編写的講义，但还没有一本比較符合专业要求、充分反映我国有色冶金工业实际的教科書。长期以来，我們就試图編写一本高等学校有色金屬冶金专业使用的“有色重金屬冶金学”試用教材。今年六月，在中南矿冶学院党委和行政的领导下，組織本教研組的教师开始了这部教材的編写工作。

由于本書是作为試用教材供本专业学生使用的，所以我們确定了下列編写原則：

1. 根据我院1959年2月遵照原高等教育部指示精神所制訂的五年制有色金屬冶金专业的教育計劃及重金屬冶金学教学大綱編写（教学时数約为180—210学时）；

2. 以我院过去采用的重金屬冶金学講义为基础，并参考有关的苏联教科書和文献資料綜合編写；

3. 在取材上，考虑到学生在学习本课程以前，已经学习过冶金概论及冶金原理，在学习本课程以外还须学习有色金属冶金计算（包括冶金设备计算在内）；在学习本课程以后，在重金属专门化课程中还要学习冶金方面的新技术和新问题。

本书特别注意系统地说明冶金生产过程的理论和实践问题。大部分过程的叙述采用下列顺序进行：

1. 过程的概述；
2. 过程的理论基础；
3. 过程的实践；
4. 过程的优缺点及其发展方向。

在编写过程中，尽可能注意到国内外在冶金方面的新成就和当前水平。

由于受到编者政治思想水平、技术知识水平和教学经验的限制，加之由于编写时间仓促，本书的缺点和错误一定不少，诚恳地欢迎同志们批评和指教。

中南矿冶学院

有色重金属冶炼教研组

1959年8月于长沙

上册目录

第一篇 铜 冶 金

緒論	1
§ 1 銅在国民經济中的作用	1
§ 2 世界銅生产的簡史和統計資料	2
§ 3 我国銅工业的发展簡史及目前概況	4
第一章 銅及其化合物	7
§ 1 銅的物理化学性質	7
1. 物理性質	7
2. 化学性質	10
§ 2 銅的重要化合物及其性質	10
第二章 銅的矿物、矿石、矿床及精矿	22
§ 1 概述	22
§ 2 銅的矿物	22
§ 3 銅的矿石	24
§ 4 銅的矿床	26
§ 5 銅精矿	27
第三章 銅矿的处理方法及炼銅原料的貯存和制备	30
§ 1 銅矿的处理方法	30
1. 火法炼銅	30
2. 湿法治銅	35
§ 2 炼銅原料的貯存和制备	38
第四章 硫化銅矿和精矿的焙烧	42
§ 1 概述	42
§ 2 焙烧过程的理論基础	43
1. 氧化粉末焙烧	43
2. 沸騰层焙烧	54
3. 氯化焙烧	59
§ 3 氧化焙烧的实践	63

1.	銅礦及銅精礦焙燒方法的發展簡史	63
2.	多層爐焙燒的實踐	64
3.	沸騰層焙燒的實踐	77
4.	硫化銅精礦的燒結焙燒	82
§ 4	現有焙燒方法的優缺點及其發展方向	88
第五章	銅冶金中的冰銅和爐渣	94
§ 1	冰銅	94
1.	冰銅的理論成分	94
2.	冰銅的工業成分	97
3.	冰銅的重要性質	101
4.	冰銅的品位	102
§ 2	爐渣	103
1.	爐渣的組成及性質	103
2.	銅在爐渣中的損失	113
3.	選擇爐渣成分的原則	115
第六章	銅礦及銅精礦的鼓風爐熔煉	117
§ 1	概述	117
§ 2	鼓風爐熔煉的理論基礎	120
1.	還原熔煉	120
2.	還原硫化熔煉	127
3.	純自熱熔煉	129
4.	改良自熱熔煉	138
5.	半自熱熔煉	145
§ 3	鼓風爐熔煉的實踐	150
1.	鼓風爐的發展簡史	150
2.	現代鼓風爐的構造及其主要尺寸	151
3.	鼓風爐正常作業的基本條件	161
4.	鼓風爐作業的實踐	165
5.	鼓風爐熔煉的技術控制	171
6.	鼓風爐熔煉的物料平衡和熱平衡	172
7.	鼓風爐熔煉的技術經濟指標	174
8.	鼓風爐熔煉的產物	176

§ 4	现有鼓风爐熔煉的优缺点及其发展方向	181
第七章	銅矿及銅精矿的反射爐熔煉	186
§ 1	概述	186
§ 2	反射爐熔煉的理論基础	188
1.	爐料的受熱和熔化过程	188
2.	爐料各組分的物理化学变化过程	192
3.	爐渣和冰銅的形成和分离过程	197
§ 3	反射爐熔煉的实践	199
1.	反射爐熔煉的发展簡史	199
2.	现代化反射爐的构造及主要尺寸	200
3.	反射爐正常作业的基本条件	206
4.	反射爐熔煉作业的实践	216
5.	反射爐熔煉的技术控制	222
6.	反射爐熔煉的物料平衡和热平衡	225
7.	反射爐熔煉的技术經济指标	226
8.	反射爐熔煉的产物	228
§ 4	现有反射爐熔煉的优缺点及其发展方向	229
第八章	銅矿及銅精矿的电爐熔煉	232
§ 1	概述	232
§ 2	电爐熔煉的理論基础	233
1.	电能的供入、分配及轉化过程	233
2.	爐渣的对流运动和热交换过程	236
3.	爐料物理化学变化的特点	239
§ 3	电爐熔煉的实践	240
1.	电爐熔煉的发展簡史	240
2.	现代熔矿式电爐的构造及其主要尺寸	241
3.	电爐的电制度及其調节	249
4.	电爐熔煉的物料平衡、热平衡和电平衡	251
5.	电爐熔煉的生产率及技术經济指标	253
§ 4	现有电爐熔煉的优缺点及其发展方向	253
第九章	冰銅的吹煉	256
§ 1	概述	256

§ 2 冰銅吹煉的理論基礎	257
1. 冰銅吹煉時各種硫化物及氧化物的行為	257
2. 冰銅吹煉時的造渣過程	267
3. 吹爐的其他吹煉方式	270
§ 3 冰銅吹煉的實踐	273
1. 冰銅吹煉的發展簡史	273
2. 現代吹爐的構造及其主要尺寸	275
3. 冰銅吹煉正常作業的基本條件	237
4. 冰銅吹煉作業的實踐	238
5. 吹煉過程的技術控制	295
6. 冰銅吹煉的物料平衡和熱平衡	237
7. 冰銅吹煉的技術經濟指標	299
8. 冰銅吹煉的產物	304
§ 4 現有吹煉方法的優缺點及其發展方向	306
第十章 銅的火法精煉	309
§ 1 概述	309
1. 雜質對銅性質的影響	309
2. 銅火法精煉的目的及方法	311
§ 2 銅火法精煉的理論基礎	313
1. 銅火法精煉氧化過程的理論基礎	313
2. 銅火法精煉揮發過程的理論基礎	328
3. 熔化陰極銅成銅錠錠的理論基礎	331
§ 3 銅火法精煉的實踐	332
1. 銅火法精煉的發展簡史	332
2. 現代銅火法精煉爐的構造及其主要尺寸	333
3. 銅火法精煉正常作業的基本條件	336
4. 銅火法精煉的作業實踐	342
5. 再生銅的生產	352
6. 銅火法精煉的技術控制	355
7. 銅火法精煉的物料平衡及熱平衡	356
8. 銅火法精煉的技術經濟指標	358
9. 銅火法精煉的產物	359

§ 4 现有铜火法精炼方法的优缺点及其发展方向	361
第十一章 铜的电解精炼	365
§ 1 概述	365
§ 2 铜电解精炼的理论基础	366
1. 电解液的组成	366
2. 电解液的电阻	368
3. 极化作用	370
4. 电解精炼过程的反应	371
5. 电解精炼时各种杂质的行为	374
6. 阴极沉积物的形状	377
7. 电流密度的选择	378
§ 3 铜电解精炼的实践	381
1. 电极的联接法	381
2. 并联法电解精炼	382
3. 串联法电解精炼	394
4. 电解液的再生	396
5. 阳极泥及其处理	401
§ 4 现有铜电解精炼法的优缺点及其发展方向	407
第十二章 湿法冶铜	410
§ 1 概述	410
§ 2 浸出过程	413
1. 原料及其准备	413
2. 工业溶剂的种类及其特性	415
3. 浸出过程的物理化学因素	421
4. 浸出方法及其应用	423
5. 溶液的净化	431
§ 3 沉积过程	433
1. 电解沉积法	434
2. 置换沉淀法	437
3. 加热蒸发法	443
§ 4 湿法冶铜的作业流程	445
1. 硫酸铁溶液渗滤浸出提铜作业	445

2. 硫酸攪拌浸出提銅作业	449
3. 氨液滲滤浸出提銅作业	451
§ 5 湿法治銅的技术經濟指标	455
§ 6 现有湿法治銅的优缺点及其发展方向	456

第二篇 鎳 冶 金

緒論	460
§ 1 鎳在国民經济中的作用	460
§ 2 鎳生产的簡史及統計資料	461
第一章 鎳及其化合物	464
§ 1 鎳的物理化学性質	464
§ 2 鎳的主要化合物及其性質	466
第二章 鎳的矿石	477
§ 1 氧化矿石	477
§ 2 硫化矿石	479
§ 3 砷化矿石	481
§ 4 硫化矿的选矿	481
第三章 鎳矿石的处理及其生产流程	483
§ 1 氧化鎳矿的处理	483
§ 2 銅鎳硫化矿的处理	485
第四章 从氧化鎳矿中提鎳	487
§ 1 概述	487
§ 2 氧化鎳矿的鼓风爐熔炼	487
1. 氧化鎳矿鼓风爐熔炼前的爐料准备	487
2. 氧化鎳矿鼓风爐熔炼的理論与实践	492
3. 氧化鎳矿熔炼的设备及其熔炼指标	509
§ 3 鎳銻的吹炼	512
1. 鎳銻吹炼过程的反应	512
2. 銻在吹炼时的行为	514
3. 鎳銻吹炼的实践	515
§ 4 鎳高銻的焙烧	519
1. 鎳高銻处理的一般特点	519

2.	镍高镍焙烧的理论基础	519
3.	镍高镍焙烧的实践	520
§ 5	氧化亚镍的还原	523
1.	熔炼得金属镍	523
2.	固体状态还原氧化亚镍	526
§ 6	氧化镍矿直接还原得镍铁	527
1.	在高炉内还原熔炼得镍铁	527
2.	在电炉内熔炼得镍铁	527
§ 7	氧化镍矿直接还原焙烧成镍铁煨块	529
§ 8	氧化镍矿的湿法冶金	533
§ 9	氧化镍矿处理的新发展	534
第五章	从铜镍硫化矿中提镍	540
§ 1	概述	540
§ 2	从铜镍硫化矿熔炼得铜镍铁的冶炼过程	540
1.	铜镍硫化矿的鼓风炉熔炼	540
2.	铜镍硫化矿及其精矿的反射炉熔炼	544
3.	铜镍硫化矿及其精矿的电炉熔炼	547
§ 3	铜镍铁的吹炼	552
§ 4	铜镍高镍的处理	556
1.	分层熔炼法	556
2.	优先溶解法	562
3.	酸化法	565
4.	浮选法	571
5.	炼制镍铜合金(蒙乃尔合金)	577
§ 5	铜镍硫化矿及其精矿的高压水冶	578
1.	概述	578
2.	过程的主要反应及其影响因素	579
3.	高压水冶的实践	582
§ 6	铜镍硫化矿处理的新发展	585
第六章	镍的电解精炼	587
§ 1	粗镍阳极的电解精炼过程	587
1.	阳极反应	587

2. 阴极反应	588
3. 电解液	590
§ 2 镍电解液净化	594

第三篇 钴 冶 金

緒論	597
第一章 钴及其化合物	598
§ 1 钴的物理化学性質	598
§ 2 钴的重要化合物及其性質	599
第二章 钴的矿物、矿石、精矿及其他提钴原料	603
§ 1 钴的矿物与矿石	603
§ 2 钴矿的选矿与精选	605
§ 3 其他提钴原料	609
第三章 从含钴原料中提取钴	610
§ 1 提取钴的方法	610
§ 2 原料的火法制备及浸出	610
1. 从砷化钴矿和精矿制得含钴溶液	611
2. 从含钴铜矿和精矿制得含钴溶液	613
3. 从含钴硫化铜镍矿和氧化镍矿制得含钴溶液	616
4. 从钴土矿制得含钴溶液	616
5. 从含钴黄铁矿精矿制得含钴溶液	617
6. 从其他提钴原料制得含钴溶液	619
§ 3 含钴溶液的净化	621
§ 4 氧化钴的还原	626
§ 5 钴的电解沉积和电解精炼	626

上册主要参考文献

第一篇 銅 冶 金

緒 論

§ 1 銅在國民經濟中的作用

銅是一種最重要的有色重金屬，具有許多寶貴的性質，在應用上僅次於鐵。

由於銅有延展性好和導電率高的特性，在電工技術、鐵路電氣化、高壓輸電綫路和變電站工程、飛機製造、汽車運輸、無線電、器械和家常用具的生產以及其他各種工業部門均需要銅。例如：製造一部三千仟瓦的發電機約需要 580 公斤銅，一條 100 公里長的 150 毫米²的輸電綫需要 400 噸左右的銅。

銅能與鋅、錫、鉛、鎳、鉍等許多金屬組成各種重要的合金。

銅與鋅的合金（黃銅）以及銅與錫的合金（青銅）廣泛地各種工業部門，尤其是在機械製造業中被用來製造各種部件——軸承、活塞、開關、油管、熱交換器等等。

銅和鉛可以各種比例組成合金。以銅為主的合金叫做鉛青銅。鉛青銅對於震動的抗力很強，可用來製造需要強度及韌性的鑄件。這種合金的另一優點是比黃銅或錫青銅要輕 10—15%。

在銅和鎳的合金中，最著名的合金是含鎳 67% 及銅 33% 的蒙乃爾合金。此合金以抗蝕性特強著稱，而且即使把它加熱至高溫，其強度仍可保留至極大限度。因此，蒙乃爾合金比任何其他銅基合金或普通鋼都更優良。這種合金主要用在閘、泵、高壓蒸

汽設備以及其他許多器具的制造上。

含鈹的銅合金，其機械性能超過高級優質鋼，有良好的導電率，廣泛地用於制造各種部件、工具 and 無線電設備。

銅在國防工業中也是不可缺少的原料。例如：生產 100 萬發子彈，約需要 13—14 噸黃銅。

隨着科學技術的發展，有色金屬有了許多新的用途，因而銅的消耗也隨之增大起來。銅在發展我國社會主義國民經濟建設事業中將起着極其重要的作用。

§ 2 世界銅生產的簡史和統計資料

銅屬於遠在古代即為人類熟知的金屬之一。根據表征整個青銅時代的廠史資料和物件，知道紀元前數千年人類就已使用銅。青銅時代最通用的金屬材料就是青銅，用來制造各種工具和家常器皿。

古代在塞浦路斯冶煉過大量的銅。在拉丁文中，銅就是以塞浦路斯島來命名的^①。

羅馬帝國時代，銅工業得到巨大的發展。羅馬人曾開采西班牙、日耳曼及其他國家的銅礦。例如：西班牙有名的里奧廷托銅礦在紀元前 100 年就已經開采。

中世紀銅礦的開采，主要是在歐洲的西班牙、日耳曼以及較晚的英國和俄國等國家。十八世紀初期美洲才開始開采銅礦，但一直到十九世紀後半期還未得到發展。

在十七、十八和十九世紀，歐洲是銅的主要供給地，十九世紀末葉美國開始開采巨大的銅礦，從此以後，美國的煉銅工業很快地發展起來。

最近十年來，由於新礦床的開發，智利、非洲、加拿大和蘇聯都興起了許多新的煉銅工業中心，其中特別是蘇聯在每個五年計劃時期煉銅工業都得到大規模的發展。

① 銅在拉丁文中是 Cuprum。

各资本主义国家钢的年产量，千吨

国 家	1913	1929	1932	1937	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956
所有的资本主义国家……	951.8	1917.6	855.2	2230.0	1680	2060.0	420.0	2070.0	2290	2387	2488.8	2551.3	2507	2650	2930
其中欧洲的	—	—	—	236.7	169.9	249.6	279.0	344.9	368.7	—	—	—	—	—	—
资本主义国家……	—	—	—	17.7	23.1	19.8	11.6	10.0	13.8	12.7	22.9	35.7	39.5	36.0	54
按每个国家统计	—	—	—	121.7	6.0	18.3	39.6	103.1	133.7	141.1	142.0	154.8	164.9	260	251
澳大利亚……	—	—	—	210.0	151.4	180.0	193.1	203.6	217.8	233.2	209.7	194.9	237.9	288.0	290
加拿大……	34.9	112.5	112.3	54.0	149.9	150.8	155.5	141.5	175.9	184.0	206.0	214.1	223.8	235.0	250
刚果……	7.5	137.0	35.3	45.8	52.4	58.5	48.8	49.4	48.5	55.0	58.0	57.5	53.5	55.9	55
墨西哥……	52.3	86.8	—	8.3	7.8	7.9	8.9	9.3	9.3	8.6	10.0	12.1	12.8	13.5	15
挪威……	—	—	—	34.2	19.6	17.8	12.8	21.1	20.3	23.2	21.0	23.4	26.5	32.2	33
秘鲁……	27.8	55.6	21.5	69.0	185.2	195.6	217.0	263.5	280.0	314.4	313.0	345.7	351.3	315.0	369
北罗西亚……	—	6.5	—	787.2	592.2	857.0	771.6	788.6	853.2	874.8	939.8	963.3	861.7	977.0	1123
美国……	555.4	931.0	216.0	—	10.0	10.0	11.0	11.3	11.7	17.5	23.0	23.3	24.4	23.9	24
土耳其……	—	—	—	0.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
智利……	42.3	320.0	103.2	396.4	358.6	468.4	424.9	351.5	345.6	360.0	583.0	337.2	339.1	396.0	460
瑞典……	—	—	—	9.1	14.5	14.3	17.2	14.4	16.7	15.0	14.9	13.3	17.6	13.4	16
南非联邦……	—	—	—	11.1	26.7	26.0	29.0	29.6	33.0	33.1	35.0	35.70	41.0	42.8	43
日本……	—	—	—	86.8	23.3	368	54.3	74.6	84.7	90.8	35.0	63.7	68.9	81.1	90