

# 非鉄金屬

[民主德国] A. 菊格著

科技卫生出版社

# 非 鐵 金 屬

[民主德国] A. 蘭 格 著

馬 君 鴻 譯

科技卫生出版社

## 內 容 提 要

本书介绍非鉄金属的理論基础知识，指出非鉄金属在国民經济中的重要意义和各方面的有关問題。对于金属性质、原料来源、选矿特別对于各种冶炼方法的原理和应用，各种类型冶金炉的构造，以及燃料的制造和利用等都作扼要的論述。

本书适宜于冶炼厂工作人員和冶金专科学生閱讀，亦可供有色金属冶炼爱好者参考。

## 非 鉄 金 属

NICHTEISENMETALLE

原 著 者 [民主德国] Alfred Lange

原 出 版 者 Urania-Verlag

譯 者 馬 启 鴻

科技卫生出版社出版

(上海南京西路 2004 号)

上海市書刊出版业营业許可証出 093 号

中华书局上海印刷厂印刷 新华書店上海发行所总經售

統一書号: 15 · 1024

开本 787×1092 毫米 1/32 · 印張 3 1/8 · 字數 67,000

1958年11月第1版

1958年11月第1次印刷 · 印數 1—15,000

定价: (9) 0.34 元

# 目 录

引言	1
“冶金学”的意义	1
金属	1
钢铁学与金属冶金学	4
非铁金属	5
金属的生产	8
冶金的原料	9
初生与次生金属	11
旧金属与回炉料	11
矿石与金属在地壳中的分布	14
选矿	18
冶金的历史	24
金属冶炼厂的分类	28
非铁金属的制造	30
基本方法	30
冶炼的任务	31
粗金属的炼制	31
粗金属的精炼	36
熔析法	38
金属置换沉淀法	39
优先氧化法	39
电解精炼法	40

蒸发法.....	43
离析法.....	44
純金属的澆鑄.....	45
金属提取示例.....	49
有色金属作为贵金属的收集体.....	49
炼制金属的产品.....	50
铜冶金.....	55
鉛冶金.....	59
鋅冶金.....	61
冶金炉.....	64
固体矿石与燃料混合装料.....	64
炉料与煤气.....	74
間接燒火.....	81
热能效率.....	83
电炉.....	85
燃料.....	87
耐火材料.....	90
熔剂.....	94
金属提取的經濟問題.....	95

# 引 言

## “冶金学”的意义

为着进行高度生产能力的和平经济建设，为着适应大量物资的需要而不断增加生产，就必须大力发展基本原料工业。在基本原料工业中，冶金学这一门科学占着很重要的地位。冶金学这一名词究竟是怎样解释的呢？

冶金学这个名词(德文：冶炼学)是从古希腊文引来，它的意义——真正从词义上解释——仅仅是指从矿石原料中提炼金属；在今日广义言之，也包括着下列知识：关于金属的性质，金属最合理的处理，和最完善的利用，因此冶金学包括着金属学和金属相学。除此以外，关于金属铸造的造型，金属轧滚、压制、拉伸的变型——即“半成品”的制造，以及由两种或多种金属(有时非金属)制成合金以改变机械性能的合金制造(比较未合金前，个别本金属的性质更为优良)，都包括入现代冶金学的范围内(图1)。

## 金 属

人们把化学元素分为金属与非金属两种。金属性质的特征是怎样的呢？要解释这个问题并不象人们想象那样简单。一般人认为金属首先是从外表形态辨别出来。如说：从金属的颜色去辨别，虽然知道物质的纯度，温度的高低以及断裂面的新旧等，都会影响到金属的外表。同样如说：从金属光泽或金属组织

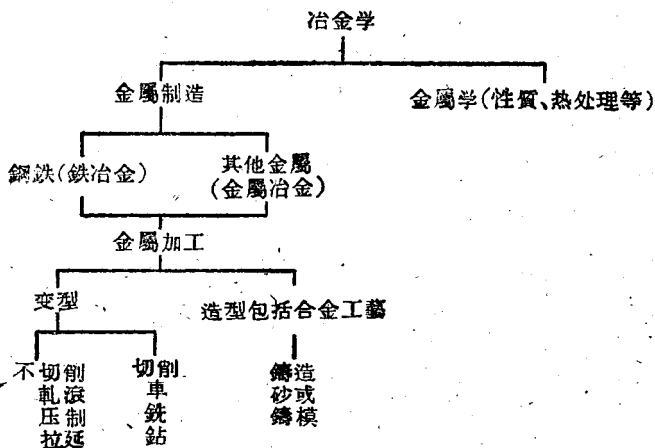


图 1. 金属学的工作范围

即构成一种物体的单个晶体的结构去辨别金属，但这种组织会由于冷却速度的快慢而有所变更，若把熔融的金属突然地，或慢慢地冷凝就得出小的或大的单个晶体。虽然根据这样的性质，可以把金属与有些非金属区分，但许多金属在外表上却很少具有这样的性质。比较重要的区分，是金属比非金属有较大的单位重量（即比重），较大的硬度，以及被水和空气侵蚀的程度较小（即抗蚀力较强），但拿这些也不能很清楚地作为区分金属的定义。

比较明晰的是金属对于水和酸的化学关系。由二个氢(H)原子和一个氧(O)原子组成的水可以拿金属来分解，使一个氢原子分出，而使金属与留下来的OH根，结合而成为所谓“硷”。金属遇酸时，可置换酸中的氢而变成“盐”。这样的性质是一般非金属所没有的。金属与非金属相比较，金属有较高的导电率和传热率，这在工业用途上很重要，必须加以注意。此外金属尚有

其他特別重要的性質，如：

1. 大部分金屬具有在較低一定的溫度熔化的性質，并可澆鑄成任何形狀的物體；

2. 大部分金屬或多或少地有柔軟性（可塑性），既可通过不切削來造型，如：鍛擊、軋滾、压制、拉延，也可通过切削加工（車、銑等）以改變外表的形態；同時

3. 金屬的機械性質，如硬度、延伸性、強度、韌性、脆性、斷裂強度加工性能等，都可以通過加入少許其他金屬或非金屬（或合金），也可以用變更溫度的處理（加熱或回火，冷卻或淬火）來大大地改變。

根據以上所陳，人們對金屬與非金屬的區分，有了明確的界限，同時這也說明了金屬在經濟上的重要意義。



## 鋼鐵学与金属冶金学

大約四十年以來，人們一般地把冶金学分为：

a. 鋼鐵冶金学，与

b. 金属冶金学

这样的划分并不是因为它们在原則上有所不同（因为两种的提炼方法很相似，在冶金学上这两个分枝都能够相互学习借鏡的），而主要由于方便的緣故。

冶金事业日益扩大，所涉及的科学技术工艺范围也日益广泛，遂使单一的部門不可能概括所有的內容。鋼鐵冶金——依照金属的顏色，又名“黑色金属冶金”——是从事各种类鋼鐵的制造与及經過軋滾，压制把它們制成“半成品”，它們的生产过程是很划一的。这样的工厂是以大量的、比較正常的原料供应来源为基础，一般具有巨大的生产能力，而且彼此在工厂建造上也大都相类似。

非鉄金属冶金 却完全不同，这里包括許多数目、不同种类的单体金属，它們都是由更多数目、不同成分、常是为量不多的原料，用极其不同的提炼方法制成，其生产常是在小的，限于制造一定的金属，或用特种方法的工厂进行，要把机械設備或炼制方法統一起来，是很难实现。因此对于在这些企业工作者的专业知识，与灵活机动性有着特別高的要求。

## 非鉄金属

非鉄金属冶金常常叫做有色金属冶金。这个名詞是由金属的外表得来，恰当地說是由各种具有发光、美丽顏色的矿石得来。实际上除鉄外，所有金属的提炼，都属于有色金属冶金范围之内，依据純金属的熔点，我們把有色金属分为高熔点的与低熔点的金属。所有在 $+1000^{\circ}\text{C}$ 内熔化的，都視作在低温变成熔融状态的金属，其中最重要的有：

水銀——同时是唯一的在常温为液态的金属——

熔点約为	$-39^{\circ}\text{C}$
錫 熔点約为	$+232^{\circ}\text{C}$
鉍 熔点約为	$+271^{\circ}\text{C}$
鎳 熔点約为	$+321^{\circ}\text{C}$
鉛 熔点約为	$+327^{\circ}\text{C}$
鋅 熔点約为	$+419^{\circ}\text{C}$
銻 熔点約为	$+630^{\circ}\text{C}$

所有有色金属，在 $+1000^{\circ}\text{C}$ 以上熔化的，都叫做高熔点金属，若在 $+1800^{\circ}\text{C}$ 以上熔化的，則叫做最高熔点金属。要达到这样高的溫度，在我們炼炉中只有借助于电力，但电力一般成本較高，所以对在最高溫才变成熔融状态的金属，往往先經過所謂燒結及随后的压制，以造成一定的形状。金属粉末經加热后——溫度远远在熔点之下——其外表就发生軟化，各个顆粒就相互熔合“燒結”。經過以后的压榨，除去气孔，就不仅得到最高密度的燒結体，而且可以制成一定的形状。这种冶炼的方法，叫做“燒結冶炼”。它是冶金学的一个分枝。工业上最重要的高熔点的有色金属有：

銅	熔点約为	+ 1083°C
錳	熔点約为	+ 1250°C
鎳	熔点約为	+ 1452°C
鈷	熔点約为	+ 1492°C
鉻	熔点約为	+ 1800°C
鉬	熔点約为	+ 2622°C
鎢	熔点約为	+ 3380°C

属于高熔点的金属尚有**貴金屬**，貴金屬之得名，是由于它們的“高貴特性”。貴金屬对氧气和其他气体的化合力极小，可以说甚少或完全不氧化。它們不为酸、硷溶解或很难溶解，即是說，它們頑强地保持着自己的金属色泽和金属性質，它們都是高熔点的金属。中古时期的制金者，即点金术家，当时对黄金給予“金属之王”这样有詩意的称号，而对盐酸及硝酸的混合体，由于它能够溶解金属的主宰者黄金，所以給予“王水”的称号。

貴金屬中最常見而价值最賤的是銀，最有名的是金，尚有鉑和鉑金屬类：

銀	熔点約为	+ 960°C
金	熔点約为	+ 1063°C
鈳	熔点約为	+ 1554°C
鉑	熔点約为	+ 1774°C
釕	熔点約为	+ 1950°C
銻	熔点約为	+ 1970°C
銱	熔点約为	+ 2455°C
銲	熔点約为	+ 2500°C

銲也具有象貴金屬的許多重要的性質，它的熔点为 + 3170°C，是仅次于最高熔点的金属的鎢。世界上提炼这金属的

大企业很少，曼斯菲尔德<sup>①</sup>联合企业“威廉皮克”<sup>②</sup>是其中之一。

有色金属铜与汞靠近贵金属的边缘，已经具有贵重的性质。以上所述的有色金属和贵金属均是属于**重金属**。它们的比重在6以上而达到22，即是为同样容积的水在+4°C时(比重是1)的重量的6至22倍。比重在4.5以下的都属于**轻金属**，属于轻金属的有：“硷金属”，其主要代表是钠、钾、锂，又有“硷土金属”，系钙、钡、镁、铍、锶，尚有“土金属”，系铝，钛等。

轻金属中目前只有铝和镁有着很大的工业价值，其余的虽然为合金不可缺少的成分，但为量不多，所以居于次要的地位。自然，它们中有些化合物在化学方面与及钙在建筑工业上，仍然是极为重要的。尚有钛象征着在不远的将来，会被列入重要金属范围之内。为此有些国家已致力于这种难熔化的金属的大规模生产，可惜我们祖国(民主德国)的矿床缺少，以致对这种有重大意义的金属，目前只可在局限的范围内，用适当的处理方法从事生产。

骤然观之，令人惊异的是硷类、硷土类、与土类金属作为金属形态在工业上少见应用，相反的它们在地壳内却比有色金属更为常见。这是因为这些金属与氧的化合力极强，是属于易氧化，极贱的金属。这仅造成它们的提纯困难，与成本高，而且严重限制了它们在工业上的用途。

它们在冶金上重要的有：

铝 比重为2.7，熔点约为 +660°C

镁 比重为1.74，熔点约为 +657°C

此外将有重要意义的是：

钛 比重为4.43，熔点约为 +1727°C

① Mansfeld ② Wilhelm Pieck

作为合金金属重要的有：

鋁 比重为0.53, 熔点約为 +180°C

鈹 比重为1.85, 熔点約为 +1280°C

尚有：

鈉 比重为0.97, 熔点約为 +98°C

鈣 比重为1.55, 熔点約为 +850°C

单从上面这样粗略的分类, 可以見到并不是一切金属都具有同样的經濟价值, 因之它們的需要限度, 与制造方法都极其不同的。

生产金属数量的多寡, 除根据金属的有用性質外, 也要看它們在地壳內的蘊藏情况, 矿石的特征与及它們的制造是否技术上可能, 經濟上合理来确定。有許多非鉄金属常常为量不多, 而与其他較重要和較常見的金属共生, 它們可以——最低限度一部分——于提炼时同时从矿石中离析出来, 加以利用。这样的金属, 我們叫做微量或稀有金属。典型的例子如: 鈾的提炼, 并不是从它的真正矿石, 而系在提炼鉛鋅时共同提出, 又如——最低限度在欧洲——所有鈾的生产, 都是随处理鉛矿、銅矿时得来, 尚有鉍、錒也系随鉛鋅提炼时产生的。

### 金属的生产

矿石的熔炼即从矿石中提出有益金属, 这一工作由于經濟原因及降低生产費用, 自然爭取就近开采地点进行。但有时也非必然的, 因为冶炼工业不仅需要优良熟練的劳动力, 而且需要复杂的大型設備, 有时在生产上要求很大的电力和优质的燃料, 这些却非隨地都有, 若在交通困难的地方, 反会造成不良的因素。

因此，一方面有些工业不发达的国家，把矿产品输出，另一方面有些有丰富资源和大冶炼能力的国家，不能够把所有金属产品加工制造，因之当输出金属的收益，比输出原料更有利时，就输出金属；有些具有高度发展成品制造业，但自己资源缺乏的国家，当其本国原料供应不适应其大容量的冶炼厂需要时，就输入矿石，或者于不能满足加工厂熔炼时，就输入金属。由此可知，当一个国家原料赋予，冶炼能力与加工制造能力都能够相互补充协作时，那自然是最符合理想和最有利于国民经济了。

世界上由各种原料制成的新金属，其年产量的变动范围如下：

铂与铂类金属，年产量自数百公斤至十吨左右。

金，汞，钒，镉，年产以千吨计。

年产以万吨计的，有银，镓，铟，钴，铋，铊。

年产以十万吨计的有锡，镍，镁，铬。

非铁金属中，最重要的铝，铜，锰，铅，锌，年产以百万吨计。

相对的生铁年产量，约为二亿吨。

从数量上说，非铁金属的生产并不显著，这完全可以理解，因为各种非铁金属在地壳内分布远远比铁为少，而且提炼上有更多的困难。但非铁金属的需要仍不断增加，这因在工业生产日益电气化、自动化与及日益发展的机械工具制造业中，在各方面都十分需要非铁金属，而不能以其他物质代替，因此在今日同时也要求不断地扩大旧料利用的范围。

### 冶金的原科

作为原料的来源，首先是含有金属矿物的地下宝藏。往昔金属的提炼皆由此取得。在现代工业化程度日益提高中，不仅

在生产上需要金属的数量不断增加，而且在市場上也不断带来大量的金属制成品，以致在家庭日常用品采用的金属量也不断增加。这样由于在一个国家国民經济中流轉的金属数量不断增加，就自然造成金属量日益增多的損失。此外加工制造工业也产生金属碎屑与廢料，而且工业設備不断損耗，逐渐陈旧过时，亦为产生廢料旧料的泉源。由于各种形状和各种成分的旧金属的数量不断增加，因此把廢料回头复炼成新金属，所謂把金属“再生”这一措施，是国民經济中十分重要的事情。

好好处理各种旧金属，尽量减少損失和恰当的利用，对我们国家來說也极重要，因为德国并不是矿产資源过度丰富的国家，我们冶金工厂的能力，尤其加工制造工业的需要，远远高于金属矿山的生产能力。例如：在1936年，全德矿山的生产数量，仅敷我们当时需要金属数量的百分数大約如下。

鉄矿石	20%
銅矿石	10%
錫矿石	0.8%
水銀矿石	6%
鎳矿石	3%
鋅矿石	75%
鉛矿石	32%
鋁矿石(矾土)	1.6%
錳矿石	60%
銻与鈷矿石	实际等于0%

自給自足的只有鎂与鈹；貴金属大部須輸入，矿石与部分金属須根据需求輸入。在战前已有大部分新金属从复炼廢料中生产的。

## 初生与次生金属

冶金者与金属使用者很久以来对非铁金属，就第一次由矿石提炼出来的，与由旧金属翻炼或由废料回炉复炼的加以区别，前者叫做生矿金属或初生金属，也有叫做处女金属，后者叫做次生金属或叫翻铸金属。

人们恒认为初次由矿石提出的金属，纯度较高，质量性能较好。这种看法对大多数金属——每一个内行人都敢肯定说——是不符合的；同样譬如拿这种看法来对待我们高度发展的旧金属冶炼业，也极是不恰当的，自然这是指不仅仅把废料熔化一次，或把旧料翻铸一次，而是须加工精炼的说法。废料的成分是为复杂，认真负责的加工厂必须彻底把金属分类，清除外在的所谓机械的杂质，即是清除不同类的金属和污垢等。当然这样的原料本身，由于过去参杂有其他东西，仍含有许多杂质，而没有象矿石那样纯洁，因此炼出粗金属后，小心地加以精炼是十分必要的。在战后极端缺乏金属的时候，有人却往往不是这样做。那样的做法好似菌从地中自由生长出来，既没有专技人员领导，也没有专技人员参加实际操作，只是用简陋的设备，不完善的方法，急于供应畸形的市场，志在投机图利，这样乱作乱为，遂引致如以上对次生金属不科学的看法，是可以想象的。

## 旧金属与回炉料

如前所述，冶金工业的基本原料是：一为矿石，一为回炉料。关于这些原料尚有加以说明的必要：

冶炼方法一般根据三个因素来考虑和决定：



1. 看欲提炼的金属, 在原料中是怎样的化合形态生成的;
  2. 看原料中 有用金属占百分数几多, 即原料中金属含量是多少;
  3. 杂质的种类是怎样, 成分若干?
- 这里先論旧料, 它比矿石簡短得多!

前曾述及, 回炉料的成分是极其复杂的。欲提炼的金属在原料中, 一方面可成为金属形态, 另一方面可与氧化合, 即成“氧化的”金属形态的金属。回炉料大都是旧金属, 特别是失去用途的器具或设备, 不能再用或逾龄的家具, 繩纜, 与及加工制造厂的碎屑, 廢料, 如車削碎屑, 澆鑄殘料, 剪切碎片等。这些廢料自然很少是純淨的, 許多金属往往在用途上, 杂有其他金属或合金; 在机械設備装配中, 常常由于焊接混有其他金属, 金属加工时常常带入切削工具的金属, 或潤滑油等杂质, 少而貴的有用金属, 往往牢固地装制在多而賤的金属上, 以后者作为基脚底盘。金属加工鍛燒时, 不免有燒火过度情况, 金属在使用期間, 免不了受着大气中氧气的影 响。这些都引起金属表面发生化学变化, 而生成成分不同, 厚度各异的氧化表皮层。澆鑄造型时, 也同样生成类似的鑄件表皮。从上許多例子, 充分說明由旧金属复炼再生为純金属, 是需要經過很复杂的生产过程的。廢料的外表形状与物理性質, 对加工也是极为不利, 廢料之松散如碎屑的, 占地位多, 如系部件, 則恒大而重, 装炉也困难。因此人們把廢料分成两类: 一为能直接投入炉的現成料, 一为需經捶碎, 剪切或捆扎的散料。

各种金属与空气中氧气的結合——即亲和力——各有不同, 这在冶炼上甚为重要, 以后有待論述。金属中与氧化合力小的, 是貴金属。与氧化合力大的是賤金属。許多有色金属, 和一切