



“十二五” 职业教育改革创新示范教材

有色冶金概论

YOUSE YEJIN GAILUN

刘志辉 ©主编



东北师范大学出版社
NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS

有色冶金概论

主 编 刘志辉
副主编 李 乐 尹聚才

东北师范大学出版社
长 春

图书在版编目(CIP)数据

有色冶金概论 / 刘志辉主编. — 长春 : 东北师范大学出版社, 2015. 8

ISBN 978 - 7 - 5681 - 1020 - 4

I. ①有… II. ①刘… III. ①有色金属冶金—高等教育—教材 IV. ①TF8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 162437 号

责任编辑: 黄小凤 封面设计: 吴晋书艺坊

责任校对: 韩 烁 责任印制: 刘兆辉

东北师范大学出版社出版发行
长春净月经济开发区金宝街 118 号(邮政编码: 130117)

电话: 0431-85687213 010-82893125

传真: 0431-85691969 010-82896571

网址: <http://www.nenup.com>

东北师范大学出版社激光照排中心制版

北京瑞富峪印务有限公司印装

北京市海淀区苏家坨镇前沙涧村(邮政编码: 100194)

2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 8.25 字数: 201 千

定价: 28.00 元

前 言

职业教育在教育体系中无可替代的作用越来越得到社会的认同，职业教育与本科教育的人才培养目标有着本质的区别。然而，职业院校的课程体系一直未能摆脱本科院校学科性课程体系的影响，优秀的职教教材十分匮乏。

有色金属冶炼专业涉及面广，职业院校学生毕业后从事的岗位大部分都对技能要求较高，理论要求较低。因此，课程内容更多的应该是“怎么做”，而不是“为什么这么做”。各个企业往往设备各异，操作规程不同，学生更多的应该是掌握学习方法，提高学习能力。基于这些考虑，本书在内容选取上选择了几种生产比较广泛的有色金属，在具体内容上主要讲解设备和工艺流程，对冶金反应热力学和动力学做了大量简化。同时，根据用人单位的反馈，针对目前毕业生安全意识淡薄的现状，特意增加了冶金企业安全基础知识，期望这样更能适合职业院校的学生。

本书在编写过程中得到了甘肃钢铁职业技术学院张玲老师和酒钢东兴铝业朱邦成同志的大力帮助，在此一并感谢。

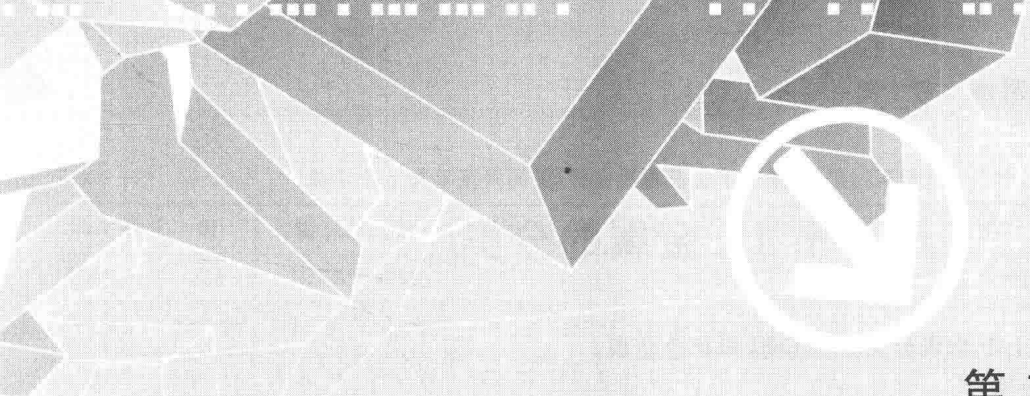
由于编者水平有限，加之时间仓促，不足之处在所难免，敬请读者指正。

编 者

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 金属的分类	2
1.2 有色金属的分类	2
1.3 我国有色金属的产量	2
1.4 冶金方法简介	3
1.5 有色金属提取工艺的特点	6
1.6 我国金属矿的分布	6
复习题	7
第2章 氧化铝生产	8
2.1 概 述	9
2.2 铝土矿	9
2.3 氧化铝生产方法	11
2.4 拜耳法生产氧化铝	13
2.5 烧结法生产氧化铝	22
2.6 拜耳—烧结联合法	23
复习题	25
第3章 铝电解	26
3.1 概 述	27
3.2 铝电解用的原料	29
3.3 炭阳极	30
3.4 铝电解槽	33
3.5 铝电解槽系列	35
3.6 工业铝电解质	36
3.7 铝电解的两极反应	37

3.8	铝电解槽的焙烧和启动	41
3.9	铝电解槽的常规作业	42
3.10	烟气净化	51
3.11	铝的电解精炼	52
	复习题	53
第4章	铜冶金	54
4.1	概 述	55
4.2	铜精矿的反射炉熔炼	58
4.3	铜精矿的密闭鼓风炉熔炼	62
4.4	铜精矿的闪速熔炼	65
4.5	冰铜的吹炼	70
4.6	粗铜的火法精炼	73
4.7	铜的电解精炼	77
4.8	铜的湿法冶金	81
	复习题	84
第5章	镁冶金	85
5.1	概 述	86
5.2	硅热还原炼镁生产技术	93
5.3	电解法炼镁	103
	复习题	111
第6章	安全生产知识	112
6.1	企业安全生产基础知识	113
6.2	如何做好安全生产工作	115
	复习题	116
附表	铝电解工国家职业标准	117
	参考文献	125



第 1 章

绪 论

1.1 金属的分类

我国习惯上把金属分为黑色金属和有色金属。

(1) 黑色金属

通常指铁、锰、铬及它们的合金。锰和铬主要应用于制合金钢，而铁表面常覆盖着一层黑色的四氧化三铁，所以把铁、锰、铬叫作黑色金属。

(2) 有色金属

通常是指除黑色金属以外的其他金属。

1.2 有色金属的分类

有色金属可分为四类：

(1) 重金属：一般是指密度在 $4.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 以上的金属，过渡元素大都属于重金属。主要有 11 种：铜 Cu、铅 Pb、锌 Zn、镍 Ni、锡 Sn、钴 Co、砷 As、铋 Bi、锑 Sb、镉 Cd、汞 Hg。

(2) 轻金属：密度在 $4.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 以下的金属叫轻金属，周期表中第 I A、II A 族均为轻金属，主要有 7 种：铝 Al、镁 Mg、钾 K、钠 Na、钙 Ca、锶 Sr、钡 Ba。

(3) 贵金属：通常是指金、银和铂族元素。这些金属在地壳中含量较少，不易开采，价格较贵，所以叫贵金属。这些金属对氧和其他试剂较稳定，金、银常用来制造装饰品和硬币。主要有 8 种：银 Ag、金 Au、铂 Pt、铱 Ir、锇 Os、钌 Ru、铑 Rh、钯 Pd。

(4) 稀有金属：它们难于从原料中提取，在工业上制备及应用较晚。稀有金属跟普通金属没有严格的界限，如有的稀有金属在地壳中的含量比铜、汞、镉等金属还要多。

a. 高熔点稀有金属(共 8 种)：钨 W、钼 Mo、钒 V、钛 Ti、锆 Zr、铪 Hf、钽 Ta、铌 Nb；

b. 稀散金属(共 7 种)：镓 Ga、铟 In、铊 Tl、锗 Ge、硒 Se、碲 Te、铼 Re；

c. 稀土金属(共 17 种)：钪 Sc、钇 Y、镧 La 系元素；

d. 稀有轻金属(共 4 种)：锂 Li、铍 Be、铷 Rb、铯 Cs；

e. 稀有放射性金属(共 4 种)：镭 Ra、钫 Fr、锕 Ac、铀 U。

1.3 我国有色金属的产量

2002 年，中国有色金属产量为 1012 万吨，2005 年达到 1631 万吨，2007 年达到 2360 万吨，2010 年达到 3135 万吨，2013 年达到 4029 万吨，产量已经稳居世界第一位。

表 1-1 近年来我国 10 种常用有色金属产量(单位:万吨)

年 份	铜	铝	铅	锌	镍	锡	锑	镁	海绵钛	汞	总 量
2005	258	780	238	271	9.53	11.9	14.6	47	0.92	0.0361	1631.8
2006	299.89	934.9	273.55	315.30	10.77	13.81	15.01	52.42	1.33		1917.01
2007	344.14	1228.36	271.75	374.86	21.40	14.91	15.28	67.01	4.52	0.0298	2360.52
2010	457	1619	419.9	516.4	17.1	14.94	18.74	65.38	5.46	0.1585	3135
2013	684	2200	447	530	27.8	15.8	31	76.96	10.57	0.1613	4029

1.4 冶金方法简介

1. 火法冶金

利用高温从矿石中提取金属或其化合物的冶金过程叫作火法冶金。此过程没有水溶液参加,故又称干法冶金。

火法冶金的工艺流程一般分为矿石准备、冶炼、精炼 3 个步骤。

(1) 矿石准备

选矿得到的细粒精矿不宜直接加入鼓风机(或炼铁高炉),须先加入冶金熔剂(能与矿石中所含的脉石氧化物、有害杂质氧化物作用的物质),加热至低于炉料的熔点烧结成块;或添加黏合剂压制成型;或滚成小球再烧结成球团;或加水混捏。然后装入鼓风机内冶炼。硫化物精矿在空气中焙烧的主要目的是:除去硫和易挥发的杂质,并使之转变成金属氧化物,以便进行还原冶炼;使硫化物成为硫酸盐,随后用湿法浸取;局部除硫,使其在造钼熔炼中成为由几种硫化物组成的熔硫。

(2) 冶 炼

此过程形成由脉石、熔剂及燃料灰分融合而成的炉渣和熔硫(有色重金属硫化物与铁的硫化物的共熔体),或含有少量杂质的金属液,有还原冶炼、氧化吹炼和造钼熔炼 3 种冶炼方式。

① 还原冶炼:还原冶炼在还原气氛下的鼓风机内进行。加入的炉料,除富矿、烧结块或球团外,还加入熔剂(石灰石、石英石等),以便造渣,加入焦炭作为发热剂产生高温作为还原剂。还原冶炼可还原铁矿为生铁,还原氧化铜矿为粗铜,还原硫化铅精矿的烧结块为粗铅。

② 氧化吹炼:在氧化气氛下进行,如对生铁采用转炉,吹入氧气,以氧化除去铁水中的硅、锰、碳和磷,炼成合格的钢水,铸成钢锭。

③ 造钼熔炼:主要用于处理硫化铜矿或硫化镍矿,一般在反射炉、矿热电炉或鼓风机内进行。加入的酸性石英石熔剂与氧化生成的氧化亚铁和脉石造渣,熔渣之下形成一层熔硫。在造钼熔炼中,有一部分铁和硫被氧化,更重要的是通过熔炼使杂质造渣,提高熔硫中主要金属的含量,起到化学富集的作用。

(3) 精 炼

进一步处理由冶炼得到的含有少量杂质的金属，以提高其纯度。如炼钢是对生铁的精炼，在炼钢过程中去气、脱氧，并除去非金属夹杂物，或进一步脱硫等；对粗铜则在精炼反射炉内进行氧化精炼，然后铸成阳极进行电解精炼；对粗铅用氧化精炼除去所含的砷、锑、锡、铁等，并可用特殊方法如派克司法以回收粗铅中所含的金及银。对高纯金属则可用区域熔炼等方法进一步提炼。

2. 湿法冶金

利用溶剂，借助于氧化、还原、中和、水解、络合等化学作用，对原料中金属进行提取和分离，得到金属或其化合物的过程，称为湿法冶金。由于大部分溶剂是水溶液，因而也叫水法冶金。水法冶金的优点是环境污染少，并且能提炼低品位的矿石，但成本较高。主要用于生产锌、氧化铝、氧化铀及一些稀有金属。

湿法冶金在机理上属物理化学的内容，其生产步骤主要包括：浸取、分离、富集和提取。

(1) 浸 取

选择适当的溶剂(如酸、碱、氨、氰化物、氯化物、有机溶剂等)把经过处理的矿石中的常以化合物形式存在的金属选择性地溶解，以便使其与其他不溶的物质分离的过程称为浸取。浸取过程常涉及置换和氧化还原反应，为得到所需要的产物，对浸取剂的酸碱度要加以控制。此外，凡影响化学反应的因素都对浸取过程产生影响，一般加温和加压都可加速浸取过程。还可以利用细菌把一些不溶性的矿物变成可溶性盐，称为微生物冶金或细菌采矿。

(2) 分 离

将浸取溶液与不溶的残渣分离的过滤过程称为分离。同时还要考虑将残渣中的溶剂和金属离子洗涤回收。

(3) 富 集

把分离得到的浸取液净化和富集的过程称为富集，包括化学沉淀、离子交换、溶剂萃取等方法。

① 化学沉淀：可分为置换沉淀(如用铁置换硫酸铜中的铜)、水解沉淀(如铍的盐类化合物水解成氢氧化物)、分布结晶(如铷和钾的草酸盐)等种类。

② 离子交换过程：以固相的树脂作为离子交换剂，与液相中的离子发生可逆的离子交换过程。已用于铀、镧系和锕系金属等的富集。

③ 溶剂萃取：让水溶液与不溶于水的有机溶液互相接触，把水溶液中的溶质择优地转入有机相的过程。已用于铀、稀土、铜、镍和钴等的富集。

(4) 提 取

从富集后的净化液中获得纯金属的过程。一般采用下面要讲到的电解法。

3. 电冶金

利用电能从矿石或其他原料中提取、回收和精炼金属的冶金过程。电冶金成为大规模工业生产的先决条件是廉价电能的大量供应。电冶金包括电炉冶炼、熔盐电解和水溶液电解等。

(1)电炉冶炼是利用电能获得冶金所要求的高温而进行的冶金生产。如电弧炉炼钢是通过石墨电极向电弧炼钢炉内输入电能,以电极端部和炉料之间发生的电弧为热源进行炼钢,可获得比用燃料供热更高的温度,且炉内气氛较易控制,对熔炼含有易氧化元素较多的钢种极为有利。

(2)熔盐电解是利用电能加热并转化为化学能,将某些金属的盐类熔融并作为电解质进行电解,在熔盐中还原金属,以提取和提纯金属的冶金过程,如铝、镁、钠、钽、铌的熔盐电解生产。

(3)水溶液电解是利用电能转化的化学能使溶液中的金属离子还原为金属析出,或使粗金属阳极经由溶液精炼沉积于阴极,如铜、锌的电解和铜、铅的电解精炼。

① 水溶液电解:以溶有金属离子的水溶液作为电解质,使金属离子在阴极上析出的过程。水溶液电解过程可以把含杂质的金属作为阳极,电解过程使其不断溶解到水溶液中,并在阴极析出,叫电解精炼(可溶阳极电解),如金、银、钴、镍、铜等贵重金属大多采用电解精炼来获得高纯成分;如果阳极材料本身不参与电解过程,只是把湿法冶金中获得的浸取液中的金属在阴极沉淀析出,则叫电解提取(不溶阳极电解),例如锌、铬、锰的提取。

② 熔盐电解:以高导电率、低熔点的金属熔盐作为电解质,使金属离子在阴极析出的过程。主要用于不溶于水的金属盐类,如铝、镁、钠等活泼金属。由于金属能溶于熔盐,或者与高价氧化物反应生成低价化合物重新溶入熔盐,熔盐电解的电流效率要低于水溶液电解。

4. 粉末冶金

用湿法冶金和电冶金获得的金属往往是以颗粒的形式存在的,要想得到大块的致密金属和金属零部件,可采用粉末冶金的方法。

这种方法对于制造切削用的硬质合金(碳化钨、碳化钛等难熔碳化物的混合物)刀头特别重要,钨、铌、钽等高熔点块状合金一般用粉末冶金法制造,致密的钛零件也可用粉末冶金法生产。粉末冶金工艺发展很快,现在常常用来制作减磨材料、摩擦材料、结构材料、刀具和模具材料、过滤材料等。

粉末冶金在技术上和经济上有以下特点。

(1)可生产普通熔炼方法无法生产的特殊性能材料,如多孔材料、复合材料等;可避免成分偏析,保证合金具有均匀的组织 and 稳定的性能。

(2)可生产高熔点金属(如钨和钼)和不互熔的合金(如钨—银合金)。

(3)可大量减少产品的后续机加工量,节约金属材料,提高劳动生产率。这一点对贵重金属尤为重要。

(4)粉末冶金零件的缺点是塑性和韧性较差。

以上讨论了金属材料的各种生产工艺。其中火法冶金大量用于钢铁材料的生产,而湿法冶金和电冶金主要用于有色金属(除钢铁以外的金属)的生产。许多有色合金既可以采用湿法冶金生产也可以采用火法冶金生产,可根据矿石品位、工程条件以及生产成本来选择。电冶金是获得高纯度金属的一种有效办法,火法冶金和湿法冶金的产品常常作为初级产品,通过电冶金工艺进一步提纯。粉末冶金实际上是把金属原料粉制成块状金属和零件的过程,只涉及物理变化过程,是对其他冶金方法的一种补充,在一定程度上也可以看作

是一种加工工艺。

1.5 有色金属提取工艺的特点

有色金属矿物的品位低，成分复杂，提取方法较多，分火法和湿法。

1. 火 法

(1) 焙 烧

焙烧包括氧化焙烧、还原焙烧、硫酸化焙烧、氯化焙烧、煅烧、烧结焙烧。

(2) 熔 炼

熔炼包括造钨熔炼、还原熔炼、氧化熔炼、熔盐电解、反应熔炼、吹炼。

(3) 精 炼

精炼包括氧化精炼、氯化精炼、硫化精炼、电解精炼。

2. 湿 法

(1) 浸 出

按浸出的溶剂分为：碱浸、氨浸、酸浸、硫脲浸出、氰化物浸出等。

按浸出的方式分为：常压浸出、加压浸出、槽浸、堆浸、就地浸出等。

(2) 净 化

净化包括水解沉淀净化、置换净化、气体还原(氧化)净化等。

(3) 沉 积

沉积包括置换沉积、电解沉积、气体还原沉积。

1.6 我国金属矿的分布

我国已探明储量的金属矿产有 54 种，现就主要金属矿产分布简介如下。

1. 铁矿：全国已探明的铁矿区有 1834 处。大型和超大型铁矿区主要有：辽宁鞍山—本溪铁矿区、冀东—北京铁矿区、河北邯郸—邢台铁矿区、山西灵丘平型关铁矿区、山西五台—岚县铁矿区、内蒙古包头—白云鄂博铁锈稀土矿区、山东鲁中铁矿区、宁芜—庐纵铁矿区、安徽霍邱铁矿区、湖北鄂东铁矿区、江西新余—吉安铁矿区、福建闽南铁矿区、海南石碌铁矿区、四川攀枝花—西昌钒钛磁铁矿区、云南滇中铁矿区、云南大勐龙铁矿区、陕西略阳鱼洞子铁矿区、甘肃红山铁矿区、甘肃镜铁山铁矿区、新疆哈密天湖铁矿区，等等。

2. 锰矿：全国已探明的锰矿区共有 213 处。主要有：辽宁瓦房子锰矿；福建连城锰矿；湖南湘潭、民乐、玛瑙山、响涛园等锰矿；广东小带、新椿等锰矿；广西八一、下雷、荔浦等锰矿；四川高燕和轿顶山锰矿；贵州遵义锰矿。

3. 铬铁矿：有 56 处产地。主要有：新疆萨尔托海、西藏罗布莎、内蒙古贺根山、甘肃大道尔吉等铬矿。

4. 铜矿：已探明矿区 910 处。主要有：黑龙江省多宝山；内蒙古自治区乌奴格吐山、

霍各气；辽宁省红透山；安徽省铜陵铜矿集中区；江西省德兴、城门山、武山、水平；湖北省大冶—阳新铜矿集中区；广东省石菖；山西省中条山地区；云南省东川、易门、大红山；西藏自治区玉龙、馬拉松多、多霞松多；新疆维吾尔自治区阿舍勒等铜矿。

5. 铝土矿：有310处产地。主要为：山西省的克俄、石公、相王、西河底、太湖石、郭偏梁—雷家苏、宽草坪；河南省的曹窑、马行沟、贾沟、石寺、竹林沟、夹沟、支建；山东省的淄博；广西壮族自治区的平果那豆；贵州省的遵义（团溪）、林歹、小山坝等铝土矿区。

6. 铅锌矿：有产地700多处。主要为：黑龙江省的西林；辽宁省的红透山、青城子；河北省的蔡家营子；内蒙古自治区的白音诺、东升庙、甲生盘、炭窑口；甘肃省的西成（厂坝）；陕西省铅洞山；青海省的锡铁山；湖南省的水口山、黄沙坪；广东省的凡口；浙江省的五部；江西省的冷水坑；江苏省的栖霞山；广西壮族自治区的大厂；云南省的兰坪、会泽、都龙；四川省的大梁子、呷村等铅锌矿。

7. 镍矿：有产地近百处。主要有：吉林省的红旗岭、赤柏松；甘肃省的金川；新疆维吾尔自治区的喀拉通克、黄山；四川省的冷水菁、杨坪；云南省的白马寨、墨江等镍矿。

8. 钼矿：有产地222处。主要有：吉林大黑山；辽宁省杨家杖子、兰家沟；陕西省金堆城；河南省栾川等钼矿。

9. 钨矿：探明产地252处。主要有：江西省西华山、漂塘、大吉山、盘古山、画眉坳、浒坑、下桐岭、岢美山；福建省行洛坑；湖南省柿竹园、新田岭、瑶岗仙；广东省锯板坑、莲花山；广西壮族自治区大明山、珊瑚；甘肃省塔儿沟等钨矿。

10. 锡矿：探明产地293处。主要有：广西壮族自治区大厂、珊瑚、水岩坝；云南省东川；湖南省香花岭、红旗岭、野鸡尾等锡矿。

11. 汞、锑矿：探明汞产地103处、锑产地111处。主要有：贵州万山、务川、丹寨、铜仁；湖南省新晃等汞矿，湖南省锡矿山、板溪；广西壮族自治区大厂；甘肃省崖湾等锑矿；陕西省旬阳汞锑矿。

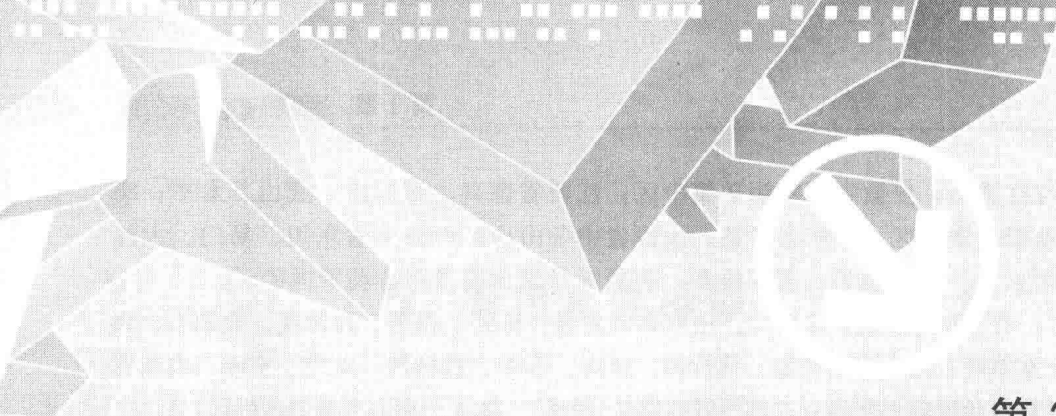
12. 金矿：探明矿区1265处。主要有：黑龙江省乌拉嘎、大安河、老柞山、呼玛；吉林省夹皮沟、珥春；辽宁省五龙；河北省张家口、迁西；山东省玲珑、焦家、新城、三家岛、尹格庄；河南省文峪、桐沟、金渠、秦岭、上官；广东省河台；湖南省湘西；云南省墨江；四川省东北寨；青海省斑玛；新疆维吾尔自治区阿希、哈密等金矿。

13. 银矿：探明产地569处。主要有：陕西省银洞子；河南省破山；湖北省银洞沟、白果园；四川省砷村；江西省贵溪；吉林省山门；广东省庞西洞等银矿。

14. 稀土、稀有金属：主要分布在内蒙古自治区（白云鄂博、801）、山东省（微山）、江西省（赣南、宜春）、广东省（粤北）、新疆维吾尔自治区（富蕴）等地。

复习题

1. 简述金属及有色金属的分类。
2. 简述冶金方法的分类。
3. 简述有色金属提取的特点。



第 2 章

氧化铝生产

2.1 概述

氧化铝生产和铝电解是现代铝冶金工业的两大组成部分。

随着铝工业的迅速发展，氧化铝生产已发展成为一个相当大的工业部门。1980年世界氧化铝生产能力达4100万吨。

1886年在冰晶石熔体中电解氧化铝的方法试验成功。1889~1892年K. J. 拜耳发明了生产氧化铝的拜耳法。这些发明奠定了现代铝工业的基础。冰晶石—氧化铝熔盐电解法是当前乃至今后几十年内工业生产金属铝的主要方法。

生产氧化铝的矿物原料是铝土矿。生产方法绝大多数采用拜耳法，个别厂采用烧结法或联合法。

随着科学技术的进步，氧化铝厂的装备水平不断提高，工艺过程也得到不断强化和完善，氧化铝生产的技术经济指标都已显著提高。目前国外拜耳法综合能耗的先进水平已低于1255万千焦每吨氧化铝。

氧化铝厂工艺与设备的集中控制和自动化程度已有很大发展，大多数新建和计划建设的氧化铝厂年生产能力均在100万吨以上。工厂大型化可使劳动生产率提高，单位产品投资与成本降低。

实现单体设备大型化和高效化，设备布置露天化，重视原料结合利用和环境保护都是氧化铝生产技术现代化的标志。

我国氧化铝工业是在新中国成立后建立和发展起来的，近年来产量和品种不断增加，质量日益提高，在生产技术上取得了一系列重要成就。但是，与世界先进水平相比，我国氧化铝工业在技术装备水平和某些技术经济指标方面还都比较落后，特别是生产过程的能耗太高，自动化和劳动生产率低，氧化铝产量还不能满足国民经济发展的需要，这些也是我国铝冶金工作者努力的方向。

2.2 铝土矿

2.2.1 铝土矿的化学成分和矿物成分

铝土矿是一种以氢氧化铝矿物为主的成分复杂的岩石。它是炼铝工业的主要原料，世界上95%以上的氧化铝是用铝土矿生产出来的。

铝土矿的主要化学成分有 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 ，还有少量的 CaO 、 MgO 、硫化物和微量的镓、钒、磷、铬等十几到二十几种元素的化合物。

铝土矿中 Al_2O_3 含量大致为50%~70%，其矿物成分有三水铝石 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、一水软铝石 $\gamma\text{-AlOOH}$ 和一水硬铝石 $\alpha\text{-AlOOH}$ 。

铝土矿的类型按上述矿物成分可分为三水铝石型、一水软铝石型、一水硬铝石型及各

种混合型，如三水铝石—水软铝石型，一水软铝石—水硬铝石型等。我国铝土矿主要为一水硬铝石型铝土矿，也有少量的三水铝石型铝土矿。

铝土矿中 SiO_2 主要以高岭石 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 等硅酸盐矿物存在，有的含少量石英(晶质 SiO_2)、蛋白石($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)及其他黏土矿物。

二氧化硅是铝土矿的主要有害成分，它是氧化铝生产中引起碱和氧化铝损失的主要来源。在氧化铝生产中评价铝土矿的质量即以铝土矿中氧化铝和氧化硅的重量比为标准，称为“铝硅比”(A/S)。目前工业生产中要求铝土矿的铝硅比不低于7(拜耳法)，用烧结法处理者则不低于3.5。

铝土矿中的 Fe_2O_3 主要是赤铁矿 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ，有的含有针铁矿 FeOOH 等。铝土矿的外观颜色即反映其中铁质的含量，含铁少的呈白色、灰白色，含铁多者呈红褐色以至墨绿色。我国大多数一水硬铝石型铝土矿含氧化铁都在5%以下(广西铝土矿除外)，具有低铁含量的特点。

铝土矿中 TiO_2 多以锐钛矿和金红石存在。

铝土矿中往往含有少量的 CaO 和 MgO ，以方解石和菱镁矿或白云石存在。硫主要以黄铁矿 FeS_2 存在。在拜耳法生产中，铝土矿中的这些杂质都须有一定限制。

铝土矿化学成分分析中的灼减包括各种矿物的结构水和碳酸盐中的 CO_2 。各主要矿物的理论结构水含量 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 为34.6%， AlOOH 为15%， $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 为13.9%， FeOOH 为10.1%，据此可以大致估计某一铝土矿的类型。

2.2.2 铝土矿矿石结构特点

铝土矿是由上述各种矿物组成的岩石，由于其成分及生成地质条件的不同，因而具有不同的颜色和结构形态。

(1) 粗糙状(土状)铝土矿

表面粗糙，一般常见颜色有灰、灰白、浅黄色等。这是各地矿石的主要类别。

(2) 致密状铝土矿

表面光滑致密，断口呈贝壳状。颜色多为灰、青灰色。此种铝土矿含高岭石较多，A/S多低于工业要求。

(3) 豆鲮状铝土矿

表面呈鱼子状或豆状，胶结物主要是粗糙状铝土矿或致密状铝土矿。颜色多为深灰、灰绿、红褐或灰白色。豆粒或鲮粒在矿石中的比例不一。鲮粒的构造复杂，一般由二至七层以上的同心圆组成，这些同心圆可为同一矿物，也可以是不同的矿物。鲮心的成分也不相同，如有的铝土矿鲮心为一水硬铝石，有的是一水软铝石，有的则是水云母，此外还有为高岭石或石英碎屑的，这种矿石一般品位较低。

一般来说，矿石越粗糙，其铝硅比越高；反之，矿石越致密，品位也就越低。呈豆鲮状而质地坚硬者，其品位也高。

我国各地铝土矿中一水硬铝石的晶体粒度也各不相同，大者约达0.06 mm，小者可小于0.01 mm。高岭石通常多为0.01 mm左右的细小晶粒。

2.2.3 我国铝土矿资源的特点

我国铝土矿资源丰富。目前已探明的具有工业价值的铝土矿床，主要分布在河南、山西、广西、贵州及山东等省。我国铝土矿的一般特点是高铝、高硅、低铁(只有广西矿为高铁)。因氧化硅含量较高，故铝硅比较低，多数在4~7之间，铝硅比在10以上的优质铝土矿较少。

除福建、广东有很少量的三水铝型铝土矿外，我国其他地区均为一水硬铝石型铝土矿。铝土矿的矿物类型对氧化铝的可溶出性有很大影响。三水铝石易为苛性碱溶解，一水软铝石次之，一水硬铝石则较难溶解。在用拜耳法处理时，要针对不同类型的铝土矿，采用不同的溶出条件。

2.2.4 国外铝土矿

世界铝土矿储量为245亿吨，包括潜在储量在内，共达350~400亿吨。如按世界原铝产量每年增长6%计，铝土矿原料可满足今后150年左右的需要。

铝土矿储量丰富的国家有几内亚、澳大利亚、巴西、牙买加、印度、苏里南、印尼和希腊等。

国外铝土矿的一般特点是多数为三水铝石型铝土矿，欧洲如匈牙利、法国等为一水软铝石型铝土矿，希腊为一水硬铝石—一水软铝石型铝土矿，苏联则各种类型都有。

在化学成分上，国外大多数铝土矿的 SiO_2 含量都很低，而 Fe_2O_3 含量一般较高。

2.3 氧化铝生产方法

2.3.1 电解炼铝对氧化铝的质量要求

氧化铝作为电解炼铝的原料，对它的化学纯度和物理性质须有一定要求。

1. 氧化铝纯度

氧化铝纯度是影响原铝质量的主要因素。如氧化铝中含有比铝更正电性的元素的氧化物(Fe_2O_3 、 SiO_2 、 TiO_2 等)，在电解过程中，这些元素将首先在阴极上析出，使所得的铝不纯。氧化铝中含有比铝更负电性的元素的氧化物(Na_2O 、 CaO 等)，则在电解时会与氟化铝反应而破坏电解质的正常成分，破坏电解过程。

氧化铝中的水也是有害成分，将增加电解质中氟化物的水解而产生氟化氢损失。近代烟气净化系统已可解决这一问题。对氧化铝中的灼减量可适当放宽。

各国对氧化铝的杂质含量(主要是 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Na_2O 和灼减)都规定有自己的标准。

我国现行氧化铝质量标准规定一级氧化铝的杂质含量(不大于)： SiO_2 0.02%； Fe_2O_3 0.03%； Na_2O 0.50%；灼减 0.8%。

2. 氧化铝物理性质

氧化铝物理性质主要指 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 含量、真密度、容重、粒度、比表面、安息角及磨损