

# 湖南省高等教育自学考试

## 课程考试大纲

### 重、轻金属冶金学

(课程代码: 12131)

湖南省教育考试院组编  
2016 年 12 月

# 高等教育自学考试课程考试大纲

课程名称：重、轻金属冶金学

课程代码：12131

## 第一部分 课程性质与目标

### 一、课程性质与特点

重、轻金属冶金学是高等教育自学考试冶金工程（本科）专业的专业核心课程，包含铜、铅、锌、铝四种金属由矿石或二次资源提取金属的完整过程。本课程以金属冶炼过程为基本主线，围绕工艺控制和环境保护两个问题，着重介绍金属生产（铜、铅、锌、铝）的冶炼技术、基本理论、工艺生产、设备操作及技术经济分析管理等知识，使学生掌握重、轻金属生产的基本原理和生产工艺过程及技术经济指标，了解重、轻金属生产的最新生产动态，并能根据不同的原料特点和产品质量要求设计生产工艺流程，培养提高学生分析和解决重、轻金属冶金生产问题的能力。

### 二、课程目标与基本要求

通过该课程的学习，使考生了解重、轻金属生产（铜、铅、锌、铝）的基本理论和基础知识，掌握重、轻金属生产的基本原理和生产工艺过程及技术经济指标，了解重、轻金属生产的最新生产动态，并能根据不同的原料特点和产品质量要求设计生产工艺流程。考生在学习了物理化学、有色冶金设备和有色冶金原理等课程以后，通过本课程的学习，获得重、轻金属生产基本原理，重、轻金属生产的基本工艺流程和技术经济指标等方面的知识，为今后从事专业工作打下坚实的基础。

基本要求：

1. 了解重、轻金属生产的特点、现状及发展方向，熟悉原料及产品的市场和质量体系；
2. 熟练掌握重、轻金属的主要工业生产流程和基本原理；
3. 了解重、轻金属冶炼主体生产设备的性能、结构及特点，熟悉设备的基本操作指标；
4. 熟练掌握重、轻金属冶炼过程各工序的物理化学变化，了解相关生产技术指标的控制；
5. 了解世界重、轻金属生产新技术和新工艺的应用，具有从事本专业技术工作的综合素质。

### 三、与本专业其他课程的关系

学习本课程前，考生应先行学习：高等数学、普通化学、物理化学、冶金原理、冶金传输原理等基础课程，后续课程有冶金资源与环境、毕业设计。

## 第二部分 考核内容与考核目标

### 重金属冶金学部分

#### 第1章 硫化矿焙烧与烧结

##### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解带式烧结机的构造及其操作，掌握硫化铅精矿烧结焙烧的基本理论、烧结焙烧的目的，熟练掌握脱硫程度的确定、烧结焙烧前的炉料准备。

##### 二、考核知识点与考核目标

###### （一）焙烧与烧结焙烧的目的（次重点）

识记：焙烧过程的分类，氧化焙烧定义

理解：焙烧的目的

###### （二）硫化矿氧化焙烧与烧结焙烧的理论基础（一般）

理解： $\text{ZnS}$ 氧化的热力学， $\text{PbS}$ 氧化的热力学，铁硫化物在焙烧过程中的变化， $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ 等脉石矿物的行为

应用：铁在焙烧过程中的行为及生成铁酸锌的危害

###### （三）硫化锌精矿硫态化焙烧（重点）

识记：硫态化焙烧炉类型

理解：锌精矿焙烧的工艺技术指标分析

应用：锌精矿硫态化焙烧的生产实践，锌精矿硫态化焙烧设备连接图

###### （四）铅锌硫化精矿的烧结焙烧（重点）

识记：烧结焙烧的目的

理解：硫化铅精矿烧结焙烧工艺流程，硫化铅精矿烧结焙烧过程，烧结焙烧的物量、硫量、热量平衡及其经济技术指标

应用：带式烧结机；ISP法的最大优点

#### 第2章 重金属还原熔炼

##### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解铅鼓风炉的构造及其操作、铅鼓风炉的熔炼产物，掌握锡精矿的还原熔炼过程，铅锌炉渣的烟化处理。

##### 二、考核知识点与考核目标

###### （一）概述（次重点）

理解：重金属还原熔炼的主要特征

###### （二）鼓风炉炼铅（次重点）

识记：铅鼓风炉熔炼产物

理解：铅鼓风炉还原熔炼的目的，皮里港式鼓风炉的特点，炼铅鼓风炉的结构及其生产工艺

应用：降低渣含铅采用的渣型，高锌高钙渣的优点

### （三）鼓风炉炼铅锌（重点）

识记：采用高温炉顶和铅雨冷凝的作用

理解：氧化锌还原反应的热力学，鼓风炉炼锌过程中为什么要加入过量的碳，锌蒸气的冷凝，鼓风炉炼锌的生产实践

应用：ISP 炼锌鼓风炉内的四个反应带，鼓风炉风口及还原带的温度范围

### （四）锡精矿的还原熔炼（一般）

识记：炼锡原料及其冶炼方法，熔池熔炼炼锡的优点，反射炉炼锡作业步骤

理解：锡冶炼的两种原则工艺流程，铁在锡中的溶解性能，锡、铁氧化物还原的热力学

应用：锡-铁二元系相图，锡精矿还原熔炼的生产实践，FeO-CaO-SiO<sub>2</sub>三元系状态图，奥斯麦特熔炼炼锡

### （五）还原熔炼炉渣的烟化处理（一般）

识记：烟化法定义

理解：金属在还原熔炼炉中炉渣损失的原因，回转窑烟化法的优缺点，影响烟化过程的因素，锡渣烟化炉硫化挥发的优点

应用：炼锡炉渣的硫化挥发

## 第 3 章 重金属造钼熔炼

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解造钼熔炼的原料及冶炼方法，掌握造钼熔炼的基本原理和重金属造钼熔炼的生产实践，熟练掌握闪速熔炼、熔池熔炼。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）造钼熔炼的原料及冶炼方法（重点）

识记：粗铜生产的两个过程

理解：造钼熔炼的原料，铜锡矿物原料的冶炼方法，火法炼铜原则工艺流程

#### （二）造钼熔炼的基本原理（重点）

识记：造钼熔炼的物料及产物，铜的损失途径及渣铜损失形态

理解：造钼熔炼过程中的物理化学变化，造钼熔炼的炉渣及其特性，造钼熔炼过程中硫化物的优先氧化反应，用硫势图说明多种硫化物的氧化反应，造钼熔炼过程中Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>的形成，造钼熔炼过程中杂质的行为，铜钼与炉渣的平衡及渣铜损失，常规法炼铜的原则，连续炼铜的原则

应用：氧化熔炼高温下的离解与氧化反应，Cu<sub>2</sub>S-FeS二元系，Cu<sub>2</sub>S-MS二元系的液相线，FeO-SiO<sub>2</sub>-CaO系状态图，CaO-FeO-SiO<sub>2</sub>系 1300℃ 下的等粘度线，Cu-Fe-S-O-SiO<sub>2</sub>系化学势图

#### （三）重金属造钼熔炼的生产实践（重点）

识记：闪速熔炼和熔池熔炼的定义，闪速熔炼分类，奥斯麦特闪速炉的结构和组成，挂炉

理解：闪速熔炼工艺流程图，Inco 闪速熔炼工艺流程，反射炉熔炼及其改进，白银法炼铜的工艺特点，瓦纽柯夫熔池熔炼特点，诺兰达法熔炼工艺，特尼恩特炼铜法火法冶金过程，氧气顶吹熔池熔炼方法，三菱法炼铜的主要工艺特点，奥斯麦特/艾萨工艺的优缺点

应用：如何防止和消除 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 的危害，白银炼铜法的工艺特点

#### （四）铈的吹炼（重点）

识记：硫吹炼目的，硫的吹炼过程，造渣期，造铜期

理解：硫的吹炼反应，闪速吹炼流程图， $\text{Cu-Cu}_2\text{S}$ 系状态图

应用：铈吹炼的生产实践，铈的闪速吹炼

#### （五）造铈熔炼炉渣的贫化处理（一般）

识记：贫化处理方法

理解：还原贫化法，磨浮法处理炉渣，铜炉渣磨浮法与电炉贫化法的优缺点

## 第 4 章 硫化矿的直接熔炼

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解硫化矿的直接得到金属的冶炼方法，掌握硫化矿的直接熔炼。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）硫化矿直接得到金属的冶炼方法（次重点）

识记：硫化矿直接熔炼，沉淀熔炼和反应熔炼

理解：置换还原法，利用氧化反应获得金属的方法

#### （二）硫化矿的直接熔炼（重点）

识记：基夫赛特法和氧气底吹炼铅法，基夫赛特直接炼铅组成，QSL 反应器的组成

理解：传统法的缺点，硫化铅精矿直接熔炼的基本原理，基夫赛特法炼铅的工业过程，氧气底吹炼铅的特点，Ausmelt 熔炼优点，TBRC 法炼铅

应用： $P_{\text{SO}_2}=105\text{Pa}$ 时 $\text{Pb-S-O}$ 系平衡状态图， $1200^\circ\text{C}$ 时 $\text{Pb-S-O}$ 系硫势-氧势图，U-K 铅厂Kivcet炼铅工艺特点

## 第 5 章 粗金属的精炼

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解锌、镉的火法精炼-精馏和铅、锑、锡、铋的火法精炼，铜电解精炼的设备与操作实践、火法精炼炉的构造与操作实践，掌握粗铜精炼基本理论，熟练掌握电解液的净化，了解铅电解精炼实践，掌握粗铅火法精炼的主要方法和流程、粗铅电解精炼的反应过程。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）锌、镉的火法精炼-精馏（重点）

识记：精炼分类，火法精炼的方法

理解：精馏精炼的基本原理

应用：粗锌火法精炼的方法，精馏精炼的生产工艺

## （二）铅、铋、锡、铊的火法精炼（重点）

识记：粗铅精炼分类，碱性精炼渣处理目的，电解液循环方式，铜电解净化工艺流程

理解：粗铅的火法精炼流程，除铜精炼，碱性精炼除硒、碲，粗铅碱性精炼砷、锡、铋，粗铋的碱法精炼除砷，加锌除银精炼，加钙除铊精炼的基本原理

应用：粗铅火法-电解精炼工艺流程，粗铅火法精炼一般工艺流程，粗铅火法精炼加入苏打的作用

## （三）粗铜、粗铅的火法-电解精炼联合流程（重点）

识记：粗铜的火法精炼过程，周期反向电流电解

理解：铜电解精炼的电极反应，阳极杂质按电解行为分类，铅的电解精炼

应用：铜中硫和氧的平衡关系，电解过程中电解液为什么要进行加热和循环

# 第 6 章 重金属湿法冶金

## 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解重金属湿法冶金的基本概况，熟悉浸出设备及其操作、锌浸出液净化的设备与生产实践、锌电解车间的设备与生产实践，熟悉掌握浸出、净化、电积原理。

## 二、考核知识点与考核目标

### （一）概述（次重点）

识记：湿法冶金原料按矿物的分类，湿法冶金的过程，浸出方法的分类

理解：主体金属与杂质分离方法

应用：湿法冶金原则流程图

### （二）重金属湿法冶金的浸出过程（重点）

识记：中性浸出的目的，从含铁高的浸出液中沉铁的方法，硫化锌精矿高压氧浸

理解：锌焙砂的浸出原则流程，金属氧化物的溶解，铁酸锌在浸出时的变化，n中性浸出液中 $\text{Fe}^{2+}$ 的氧化和 $\text{Fe}^{3+}$ 与As、Sb的共沉淀，黄钾铁矾法基本原理、工艺流程和总反应，黄钾铁矾法的优点，针铁矿沉铁法基本原理、工艺流程和总反应，针铁矿沉铁法优缺点，赤铁矿法基本原理、工艺流程和总反应，赤铁矿法优缺点，硫化精矿酸浸的热力学，硫化锌精矿高压酸浸的优缺点

应用： $\text{Zn-H}_2\text{O}$ 系电势-pH图， $\text{M-H}_2\text{O}$ 电势-pH图， $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ 系电势-pH图， $\text{Fe}^{3+} + \text{e} = \text{Fe}^{2+}$ 系电势-pH图，铁酸锌的形成对湿法炼锌过程的危害

### （三）浸出液的净化。（重点）

识记：硫酸锌浸出溶液的成分及其净化方法，连续净化的优点，常用的除氯方法

理解：锌粉置换法的一般原理，影响置换过程的因素，锌粉置换除钴，砷盐净化法，铋盐净化法，除铁过程加入氧化剂的作用

应用：置换过程中金属的平衡电势，锌浸出液净化的设备及生产实践

#### （四）从水溶液中提取金属（重点）

识记：从重金属水溶液提取金属的方法分类，槽电压定义，集中冷却设备

理解：锌电积的电极反应，阴极过程，阳极过程，杂质在电积过程中的行为，电流效率、槽电压及电能效率的计算，影响电流效率的因素

应用：为什么在锌电积过程中，锌在阴极要优先于氢气析出？

#### （五）铜（镍）的湿法冶金（一般）

识记：硫化铜精矿湿法冶炼的方法，氨浸的目的和分类

理解：细菌浸出，细菌在浸出过程中的作用，影响细菌浸出的主要因素，常压氨浸，高压氧氨浸，氨浸法的特点

应用：浸出-萃取-电积提铜工艺原则流程，细菌浸出生产实践，细菌浸出硫化矿的优点， $\text{Ni-NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ 系电势-pH图，氨浸生产实践

## 轻金属冶金学部分

### 第 1 章 氧化铝生产概况

#### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，掌握轻金属冶金的特点、现状及发展方向，熟练掌握轻金属的主要物化性质及冶炼方法，掌握氧化铝主要生产流程及特点；含铝矿物组成及分布；熟练掌握铝土矿的铝硅比及类型；氧化铝的性质和质量。

#### 二、考核知识点与考核目标

##### （一）氧化铝生产概况（一般）

识记：氧化铝生产现状及发展历史

##### （二）氧化铝及其水合物的性质（次重点）

识记：氧化铝的物理化学性质，氧化铝的命名法

应用：氧化铝及水合物的溶解特性

##### （三）铝土矿及其他炼铝资源（次重点）

识记：主要含铝矿物

理解：铝土矿的类型及杂质，衡量铝土矿的质量指标

应用：我国铝土矿的特点及分布

##### （四）氧化铝生产方法概述（重点）

识记：氧化铝生产方法分类及应用现状

理解：碱法生产氧化铝的主要生产流程及特点

应用：电解生产对氧化铝的质量要求及氧化铝的物理特性

### 第 2 章 铝酸钠溶液

## 一、学习目的与要求

通过本章的学习，掌握铝酸钠溶液的组成和性质； $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系平衡图，熟练掌握铝酸钠溶液的特性参数，铝酸钠溶液的稳定性及影响因素。

## 二、考核知识点与考核目标

### （一）铝酸钠溶液特性参数（重点）

识记：铝酸钠溶液浓度的表示法

理解：苛性比值及硅量指数的定义

应用：苛性比值和硅量指数的计算

### （二） $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系（重点）

识记： $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系平衡状态图中点、线、区域的意义

理解：应用 $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系平衡图分析铝酸钠溶液的饱和性及变化规律

应用：不同温度下的 $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系平衡状态图分析，明确温度对铝酸钠溶液饱和性的影响。

### （三）铝酸钠溶液的性质（重点）

识记：铝酸钠溶液的稳定性及其它物理化学性质

理解：影响铝酸钠溶液稳定性的主要因素，铝酸钠溶液密度的计算

应用：铝酸钠溶液稳定性在氧化铝生产中的应用分析

### （四）铝酸钠溶液的结构问题（一般）

不做考试范围

## 第3章 拜耳法生产氧化铝

## 一、学习目的与要求

通过本章的学习，掌握拜耳法生产氧化铝的原理和工艺流程，掌握铝土矿溶出、赤泥的分离洗涤、铝酸钠溶液晶种分解、氢氧化铝煅烧等工序的基本反应及作业，掌握溶出器、沉降槽、种分槽和煅烧炉的结构及性能。熟练掌握拜耳法生产氧化铝的主要经济技术指标，熟练掌握铝土矿溶出、赤泥的分离和洗涤、铝酸钠溶液晶种分解、氢氧化铝煅烧过程的主要因素及强化措施。

## 二、考核知识点与考核目标

### （一）拜耳法的原理和基本流程（重点）

识记：拜耳法生产的原则流程和特点

理解：拜耳法生产氧化铝的原理和拜耳循环图的分析

应用：循环效率及循环碱量的概念、计算及管理

### （二）铝土矿拜耳溶出过程的化学反应（重点）

识记：铝土矿溶出的主要目的

理解：含硅矿物在溶出过程中的行为，含铁矿物在溶出过程中的行为， $\text{TiO}_2$ 在溶出过程中的行为，含钙、镁的矿物在溶出过程中的行为，有机物和某些微量杂质在溶出过程中的行为

应用：硅矿物和钛矿物的危害及预防措施



(三) 铝土矿拜耳溶出的工艺 (重点)

识记: 对于溶出过程的工艺要求及溶出过程的动力学

理解: 影响铝土矿溶出过程的因素, 原矿浆的配料计算, 溶出工艺设备流程, 实际溶出率和相对溶出率的计算

应用: 管道化溶出的强化机理和应用

(四) 赤泥的分离与洗涤 (重点)

识记: 铝酸钠浆液稀释的作用, 赤泥的分离与洗涤的目的及意义

理解: 赤泥浆液的物理化学性质, 影响赤泥沉降和压缩性能的主要因素, 改善赤泥沉降性能的主要途径

应用: 赤泥的分离洗涤设备流程及沉降槽的性能分析应用

(五) 铝酸钠溶液的晶种分解 (重点)

识记: 铝酸钠溶液晶种分解机理, 结晶过程的基本概念

理解: 铝酸钠溶液分解过程的主要技术经济指标, 影响晶种分解过程的主要因素, 晶种分解工艺及分解槽的应用

应用: 分解的温度制度分析及确定

(六) 氢氧化铝的煅烧 (重点)

识记: 氢氧化铝煅烧的目的及要求, 氢氧化铝煅烧回转窑设备流程

理解: 氢氧化铝在煅烧过程的变化, 气体悬浮煅烧炉在氢氧化铝煅烧中的应用

应用: 煅烧工艺对氧化铝晶型变化及物理化学性质的影响

(七) 分解母液的蒸发与一水碳酸钠的苛化 (次重点)

识记: 蒸发的目的及一水碳酸钠苛化的方法

理解: 母液中杂质在蒸发过程中的行为

应用: 各种蒸发设备的特点及应用

## 第 4 章 碱石灰烧结法生产氧化铝

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习, 掌握碱石灰烧结法生产氧化铝的原理和工艺流程, 熟练掌握熟料烧结、熟料溶出、铝酸钠溶液的脱硅、铝酸钠溶液的碳酸化分解的基本反应, 熟练掌握影响熟料烧结、二次反应、铝酸钠溶液脱硅及碳酸化分解的主要因素。掌握熟料烧结、熟料溶出、铝酸钠溶液的脱硅、铝酸钠溶液的碳酸化分解过程的基本作业, 掌握回转窑、脱硅机、碳分槽的结构及性能。熟练掌握碱石灰烧结法生产氧化铝的主要经济技术指标。

### 二、考核知识点与考核目标

(一) 碱石灰烧结法生产氧化铝概述 (次重点)

识记: 碱石灰烧结法生产氧化铝的发展历史及生产现状

理解: 碱石灰烧结法生产氧化铝的原理和原则流程

应用: 碱石灰烧结法生产氧化铝的工艺特点及发展方向

- (二) 铝酸盐炉料烧结过程的物理化学反应 (重点)
- 识记: 烧结过程的目的与要求, 衡量熟料质量的指标体系
- 理解: 炉料在烧结过程中的物理化学反应, 炉料配方的概念及确定
- 应用: 烧结过程中硫的危害和脱硫原理、措施。
- (三) 烧结过程的工艺 (重点)
- 识记: 回转窑烧结工艺
- 理解: 熟料窑内各带的反应, 影响熟料质量的主要因素, 熟料窑的主要作业及热工制度, 窑皮的作用
- 应用: 提高烧结窑产能和降低热耗的途径
- (四) 熟料的溶出 (重点)
- 识记: 溶出过程的目的和要求, 二次反应的概念。
- 理解: 熟料溶出过程的主要反应, 溶出时原硅酸钙的行为和二次反应危害, 二次反应的影响因素和抑制措施, 铝酸盐熟料的溶出工艺,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{Na}_2\text{O}$  溶出率的计算
- 应用: 熟料二段磨料溶出工艺
- (五) 铝酸钠溶液的脱硅 (重点)
- 识记: 脱硅方法及基本原理
- 理解: 两种不同方法脱硅的主要反应及影响因素; 脱硅的工艺设备及作业
- 应用: 强化添加石灰的脱硅过程的方法和原理
- (六) 铝酸钠溶液的碳酸化分解 (重点)
- 识记: 碳酸化分解的目的和要求, 碳酸化分解原理
- 理解: 碳酸化分解过程中二氧化硅的行为; 影响碳酸化分解过程的主要因素; 碳酸化分解的工艺设备流程
- 应用: 提高碳酸化分解产品质量; 碳酸化分解率的确定

## 第 5 章 生产氧化铝的联合法流程

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习, 了解串联法、并联法和混联法的生产流程, 掌握串联法、并联法和混联法流程的特点。

### 二、考核知识点与考核目标

- (一) 各种联合法的生产流程 (一般)
- 识记: 联合法流程的名称及基本工艺过程
- 理解: 联合法生产氧化铝的特点
- (二) 联合法工艺流程的分析 (一般)
- 识记: 根据联合法流程的特点及生产系统的综合考虑, 对联合法流程进行应用案例分析

## 第6章 生产氧化铝的其他方法

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解生产氧化铝的其他方法，掌握其他方法的原理，工艺流程。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）石灰石烧结法（一般）

理解：石灰石烧结法的原理，石灰石烧结法生产氧化铝工艺流程

#### （二）高压水化学法（一般）

理解：高压水化学法的基本原理和工艺流程，高压水化学法与烧结法比较的特点

#### （三）酸法（一般）

识记：酸法生产氧化铝的基本原理和过程

理解：盐酸法的特点

应用： $H^+$ 法处理黏土的工艺流程

#### （四）由明矾石生产氧化铝工艺（次重点）

识记：明矾石的成分及杂质

理解：还原焙烧法，氨碱法生产氧化铝的工艺

应用：还原焙烧法的应用及特点

## 第7章 铝土矿的综合利用

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解铝土矿的综合回收，其中包括了镓、钒、赤泥的回收利用。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）镓的回收（一般）

识记：镓的基本性质及主要回收方法

理解：从拜耳法溶液中回收镓工艺流程

#### （二）钒的回收（一般）

识记：钒的回收方法和工艺流程

理解：结晶法回收钒

#### （三）赤泥的综合利用（一般）

识记：赤泥的综合利用途径及特点

## 第8章 铝电解生产概论

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，掌握铝电解槽的类型、特点及结构，了解铝电解原料炭阳极和冰晶石生产方法及质量要求。熟练掌握铝电解生产流程。

## 二、考核知识点与考核目标

### (一) 铝电解发展概况 (次重点)

识记: 铝冶炼的发展历史及铝电解的发展概况

理解: 现代电解铝工艺流程

应用: 铝电解生产原料氧化铝的质量对电解生产的影响

### (二) 铝电解槽及电解槽系列 (重点)

识记: 铝电解槽的分类及目前应用状况

理解: 各类电解槽的基本结构及作业特点

### (三) 炭阳极生产工艺 (一般)

识记: 生产炭素阳极的原料及性质

理解: 炭素阳极生产工艺, 炭素阳极的质量标准

### (四) 冰晶石及氟化盐生产 (一般)

识记: 冰晶石的组成及在铝电解生产中的作用

理解: 酸法生产冰晶石、氟化铝、氟化钠的流程

## 第 9 章 铝电解质的物理化学性质

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习, 了解 $\text{NaF-AlF}_3$ 和 $\text{Na}_3\text{AlF}_6\text{-Al}_2\text{O}_3$ 二元系和 $\text{Na}_3\text{AlF}_6\text{-AlF}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ 三元系的分析, 掌握铝电解质密度、粘度、导电率及蒸气压的概念, 掌握铝电解质表面性质的概念和意义。熟练掌握影响铝电解质熔度、密度、粘度、表面性质、导电率、蒸气压的主要因素, 熟练掌握电解质分子比的概念和调配方法, 熟练掌握添加剂对铝电解质物理化学性质的影响。

### 二、考核知识点与考核目标

#### (一) 铝电解质的熔度 (重点)

识记: 铝电解质熔度的概念

理解: 添加剂对电解质熔度的影响

应用: 通过分析 $\text{NaF-AlF}_3$ 、 $\text{Na}_3\text{AlF}_6\text{-Al}_2\text{O}_3$ 二元系和 $\text{Na}_3\text{AlF}_6\text{-AlF}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ 三元系, 掌握电解质成分对熔度的影响规律

#### (二) 铝电解质的密度 (重点)

识记: 铝电解质密度的概念及意义

理解: 铝和纯盐的密度, 铝电解质基本体系的密度, 添加剂对铝电解质熔体密度的影响

应用: 铝电解质密度对铝电解生产的影响

#### (三) 铝电解质的电导率 (次重点)

识记: 电导率的概念, 纯 $\text{NaF}$ 和 $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ 熔体的电导率

理解: 基本体系的电导率, 添加剂对 $\text{Na}_3\text{AlF}_6\text{-Al}_2\text{O}_3$ 熔体电导率的影响

应用: 工业铝电解质的电导率在生产中的应用

#### (四) 铝电解质的黏度 (次重点)

识记：电解槽的流体动力学过程，黏度的概念。

理解：铝电解质基本体系的黏度， $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ - $\text{AlF}_3$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 三元系的黏度，添加剂对铝电解质黏的影响

(五) 铝电解质熔体的表面性质（次重点）

识记：铝电解质表面性质的概念及意义

理解：电解质熔体在气相中的表面张力，电解质-铝液界面张力，电解质在炭素材料上的润湿性

(六) 铝电解质的蒸气压（一般）

识记： $\text{NaF}$ - $\text{AlF}_3$ 、 $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 二元系、 $\text{NaF}$ - $\text{AlF}_3$ - $\text{Al}$ 三元系蒸汽压的分析

(七) 铝电解质的离子迁移数（一般）

识记：离子迁移数的概念及对电解生产的影响

## 第 10 章 铝电解过程的机理

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，掌握铝电解机理和阳极过电压的组成。熟练掌握阳极效应现象和管理。

### 二、考核知识点与考核目标

(一) 冰晶石-氧化铝熔体的结构（一般）

识记：冰晶石熔体结构，冰晶石-氧化铝熔体的结构

(二) 铝电解的机理（重点）

识记：铝电解过程机理的相关理论：钠置换铝理论和铝离子直接放电理论。

理解：阳极过程和阴极过程

(三) 电解质组分的分解电压（次重点）

识记：分解电压的概念

理解： $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的分解电压，电解质中其他组分的分解电压

(四) 阳极过电压和阳极效应（重点）

识记：阳极过电压的概念及组成

理解：阳极效应现象及机理，阳极效应系数及熄灭效应的方法

应用：临界电流密度与阳极效应的关系

## 第 11 章 铝电解生产中的电流效率

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，掌握铝电解电流效率的概念和测定方法，熟练掌握电流效率的计算及其影响因素，熟练掌握电流效率与电解指标的关系。

### 二、考核知识点与考核目标

(一) 电流效率概述（重点）

识记：电流效率的概念及测定方法

- 理解：各类测定电流效率方法的特点及电流效率的计算  
应用：阳极气体分析法的应用和修正
- (二) 电流效率降低的原因 (次重点)  
识记：铝的溶解现象  
理解：铝的溶解和再氧化损失，铝的不完全放电，其他离子放电，其他损失对电流效率的影响
- (三) 电流效率与电解参数的关系 (重点)  
识记：铝电解的基本参数及在生产中的应用  
理解：电解参数：电解温度、电流密度、极距、铝液高度等电解参数对电流效率的影响  
应用：电解参数的选择确定
- (四) 磁场对电流效率的影响 (一般)  
识记：电磁场产生的原理及铝电解槽磁场概况  
理解：磁场对铝电解生产和电流效率的影响  
应用：减少磁场对铝电解影响的措施

## 第 12 章 铝电解生产的电能效率和能量平衡

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，熟练掌握铝电解电能效率的计算和分析，掌握铝电解槽的能量平衡计算，了解铝电解槽的节能途径。

### 二、考核知识点与考核目标

- (一) 电能效率 (重点)  
识记：电能效率的概念及铝的理论电耗率  
理解：铝电解的电能效率的表示方法及计算
- (二) 铝电解槽的电压平衡 (一般)  
识记：铝电解槽的平均电压概念及组成，槽电压，槽外母线的组成，分摊电压  
理解：铝电解槽电压的组成  
应用：阳极效应分摊电压
- (三) 铝电解槽的能量平衡方程式 (一般)  
识记：不同温度基础上的能量平衡方程  
理解：电解槽能量平衡的计算体系
- (四) 铝电解槽的能量平衡计算基础 (一般)  
识记：铝电解槽生产的能量分配  
理解：铝电解槽能量平衡的一般形式
- (五) 铝电解槽的节能途径 (重点)  
识记：铝电解槽的节能途径  
理解：提高电流效率和降低平均电压的具体措施  
应用：降低电解温度对铝电解生产影响的综合分析

## 第 13 章 铝电解的正常生产工艺

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解铝电解槽正常生产的表征，掌握铝电解槽的常规作，熟练掌握铝电解正常生产的技术条件。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）铝电解的正常生产及技术条件（重点）

识记：正常生产状态电解槽外观特征

理解：正常生产的技术条件

应用：槽膛内型的概念及作用

#### （二）铝电解槽的常规作业（重点）

识记：铝电解槽的常规作业内容

理解：加料、出铝和阳极作业的基本要求和操作

#### （三）铝电解槽的电子计算机控制（一般）

识记：槽电压的控制原理， $\text{Al}_2\text{O}_3$ 浓度的控制，阳极效应的预报和处理，原料的分配

#### （四）铝厂烟气净化（一般）

识记：铝厂烟气中的污染物种类

理解：湿法净化、干法净化的基本流程和原理

应用：铝电解槽烟气净化方案的选择确定

#### （五）原铝生产的经济分析（一般）

识记：原铝生产成本的构成

理解：降低成本的途径分析

## 第 14 章 原铝的精炼

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，掌握原铝的三层液电解精炼及凝固提纯制取高纯铝工艺，熟练掌握原铝的质量体系。

### 二、考核知识点与考核目标

#### （一）原铝的质量（一般）

识记：原铝精炼的目的和方法

理解：原铝的质量要求及对材料的影响

#### （二）三层液电解精炼（次重点）

识记：三层液电解精炼的原理及对电解体系的要求

理解：三层液精炼的正常操作

应用：三层液精炼电解槽的结构及应用

#### （三）凝固提纯法制取高纯铝（次重点）

识记：凝固提纯法的基本原理和分类

- 理解：定向提纯，分步提纯法，区域熔炼的基本作业过程
- (四) 有机溶液电解精炼（一般）
- 识记：有机溶液电解精炼的基本概念

## 第 15 章 新法炼铝

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解氯化铝熔盐电解法和电热法熔炼铝硅合金。

### 二、考核知识点与考核目标

- (一) 氯化铝熔盐电解法（一般）
- 识记：氯化铝电解的原理，氯化铝电解工艺
- (二) 电热法熔炼铝硅合金（一般）
- 识记：电热法熔炼铝硅合金的原理及工艺
- (三) 铝硅合金提取纯铝（一般）
- 识记：铝硅合金提取纯铝的原理和方法

## 第 16 章 再生铝的生产

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解再生铝生产的概况，掌握再生铝生产的主要方法

### 二、考核知识点与考核目标

- (一) 概述（一般）
- 识记：发展再生铝的意义
- (二) 再生铝生产工艺（一般）
- 识记：废铝的分类及处理。再生铝生产工艺实例分析
- 教材中第三篇和第四篇（第十七章～第二十六章）不考核，不作要求。

## 第三部分 有关说明与实施要求

### 一、考核的能力层次表述

本大纲在考核目标中，按照“识记”、“理解”、“应用”三个能力层次规定其应达到的能力层次要求。各能力层次为递进等级关系，后者必须建立在前者的基础上，其含义是：

识记：能知道有关的名词、概念、知识的含义，并能正确认识和表述，是低层次的要求。

理解：在识记的基础上，能全面把握基本概念、基本原理、基本方法，能掌握有关概念、原理、方法的区别与联系，是较高层次的要求。

应用：在理解的基础上，能运用基本概念、基本原理、基本方法联系学过的多个知识点分析和解决有关的理论问题和实际问题，是最高层次的要求。



## 二、教材

指定教材：

轻金属冶金学，杨重愚，冶金工业出版社，1991 年版

重金属冶金学，彭容秋，中南大学出版社，2004 年版

## 三、自学方法指导

1. 在开始阅读指定教材某一章之前，先翻阅大纲中有关这一章的考核知识点及对知识点的能力层次要求和考核目标，以便在阅读教材时做到心中有数，有的放矢。
2. 阅读教材时，要逐段细读，逐句推敲，集中精力，吃透每一个知识点，对基本概念必须深刻理解，对基本理论必须彻底弄清，对基本方法必须牢固掌握。
3. 在自学过程中，既要思考问题，也要做好阅读笔记，把教材中的基本概念、原理、方法等加以整理，这可从中加深对问题的认知、理解和记忆，以利于突出重点，并涵盖整个内容，可以不断提高自学能力。
4. 完成书后作业和适当的辅导练习是理解、消化和巩固所学知识，培养分析问题、解决问题及提高能力的重要环节，在做练习之前，应认真阅读教材，按考核目标所要求的不同层次，掌握教材内容，在练习过程中对所学知识进行合理的回顾与发挥，注重理论联系实际和具体问题具体分析，解题时应注意培养逻辑性，针对问题围绕相关知识点进行层次（步骤）分明的论述或推导，明确各层次（步骤）间的逻辑关系。

## 四、对社会助学的要求

1. 应熟知考试大纲对课程提出的总要求和各章的知识点。
2. 应掌握各知识点要求达到的能力层次，并深刻理解对各知识点的考核目标。
3. 辅导时，应以考试大纲为依据，指定的教材为基础，不要随意增删内容，以免与大纲脱节。
4. 辅导时，应对学习方法进行指导，宜提倡“认真阅读教材，刻苦钻研教材，主动争取帮助，依靠自己学通”的方法。
5. 辅导时，要注意突出重点，对考生提出的问题，不要有问即答，要积极启发引导。
6. 注意对考生能力的培养，特别是自学能力的培养，要引导考生逐步学会独立学习，在自学过程中善于提出问题，分析问题，做出判断，解决问题。
7. 要使考生了解试题的难易与能力层次高低两者不完全是一回事，在各个能力层次中会存在着不同难度的试题。
8. 助学学时：本课程共 5 学分，建议总课时 90 学时，其中助学课时分配如下：

轻金属冶金部分		
章 次	内 容	学 时
第 1 章	氧化铝上产概况	2
第 2 章	铝酸钠溶液	4

第 3 章	拜耳法生产氧化铝	6
第 4 章	碱石灰烧结法生产氧化铝	4
第 5 章	生产氧化铝的联合流程	2
第 6 章	生产氧化铝的其他方法	2
第 8 章	铝土矿的综合利用	4
第 8 章	铝电解生产概论	2
第 9 章	铝电解质的物理化学性质	2
第 10 章	铝电解过程的机理	4
第 11 章	铝电解生产中电流效率	4
第 12 章	铝电解生产的电能效率和能量平衡	4
第 13 章	铝电解的正常生产工艺	2
第 14 章	原铝的精炼	2
第 15 章	新法炼铝	2
第 16 章	再生铝的生产	2
合 计		48
重金属冶金部分		
章 次	内 容	学 时
第 1 章	硫化矿焙烧与烧结	4
第 2 章	重金属还原熔炼	12
第 3 章	重金属造钼熔炼	8
第 4 章	硫化矿的直接熔炼	8
第 5 章	粗金属的精炼	6
第 6 章	重金属湿法冶金	4
合 计		42

## 五、关于命题考试的若干规定

1. 本大纲各章所提到的内容和考核目标都是考试内容。试题覆盖到章，适当突出重点。
2. 试卷中对不同能力层次的试题比例大致是：“识记”为 30%、“理解”为 50%、“应用”为 20%。
3. 试题难易程度应合理：易、较易、较难、难比例为 2：3：3：2。
4. 每份试卷中，各类考核点所占比例约为：重点占 60%，次重点占 30%，一般占 10%。
5. 试题类型一般分为：单项选择题、填空题、名词解释题、简答题、计算题、分析题、连线题。
6. 考试采用闭卷笔试，考试时间 150 分钟，采用百分制评分，60 分合格。

## 六、题型示例（样题）

### 一、单项选择题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

在每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的，请将其选出并将“答题卡”上的相应字母涂黑。错涂、多涂或未涂均无分。

1. 重金属还原熔炼鼓风炉风口温度一般为  
A. 800℃                      B. 1000℃                      C. 1300℃                      D. 1500℃
2. ISP 炼锌法的最大优点是  
A. 产品回收率高      B. 除杂效果好      C. 生产成本低      D. 铅锌可同时生产

### 二、填空题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 当矿区有大量低硅铝土矿同时又有一部分高硅铝土矿时，可采用\_\_\_\_\_工艺生产氧化铝。
2. 衡量赤泥沉降压缩性能的标志是沉降速度和\_\_\_\_\_。

### 三、名词解释题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 直接熔炼

### 四、简答题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

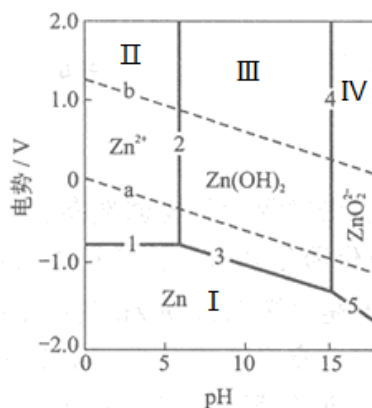
1. 简述拜耳法生产氧化铝的基本原理和实质。

### 五、计算题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 一拜耳法生产厂家用 $\text{Al}_2\text{O}_3$  155 g/L、 $\alpha_K$  1.42 的铝酸钠精液进行种分作业，72 小时后测得分解母液 $\text{Al}_2\text{O}_3$  65 g/L、 $\alpha_K$  3.1，求该厂的分解率和单位槽产能。

### 六、分析题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 下图是 $\text{Zn-H}_2\text{O}$ 系的电位-pH图，请分析列出锌焙砂浸出、水解、电积的作业稳定区域，并说明图中a线对生产的意义。



$\text{Zn-H}_2\text{O}$ 系电位-pH图

### 七、连线题（本大题共■小题，每小题■分，共■分）

1. 请将以下左边设备装置与右边相应的工序用直线相连接

管道化溶出装置

大型平底沉降槽

熟料烧结窑

脱硅机

气态悬浮焙烧炉

管式降膜蒸发器

大型平底机械搅拌分解槽

格子型球磨机

平盘过滤机

粗液脱硅

碳酸化分解

$\text{Al}(\text{OH})_3$ 焙烧

晶种分解

高压溶出

熟料烧结

$\text{Al}(\text{OH})_3$ 浆液分离

拜耳法母液蒸发

熟料溶出