

国家中等职业教育改革发展示范学校重点建设专业教材
////// 工学结合一体化课程教学改革试点专业用书

铝产品分析

颜晓华 主 编 ■
蒋勤成 副主编 ■

LÜ
CHANPIN
FENXI



化学工业出版社



国家中等职业教育改革发展示范学校重点建设专业教材
////// 工学结合一体化课程教学改革试点专业用书

铝产品分析

颜晓华 主 编 ■

蒋勤成 副主编 ■



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书内容包括铝生产认识、铝生产原料分析、生产中间控制分析和铝产品分析。除了依据企业生产实际需要并结合现有教学条件所设计的学习任务外,还安排一些拓展任务(用*号标注)供学生选学。本书体现工学一体化的人才培养特征,即学习目标的工作性、学习内容的综合性、学习过程的行动性、学习空间的开放性和评价反馈的过程性。

本书为中等职业学校工业分析与检验专业用书。

图书在版编目(CIP)数据

铝产品分析/颜晓华主编. —北京:化学工业出版社,
2013.6

国家中等职业教育改革发展示范学校重点建设专业
教材. 工学结合一体化课程教学改革试点专业用书

ISBN 978-7-122-17129-0

I. ①铝… II. ①颜… III. ①铝-工业产品-分析-
中等专业学校-教材 IV. ①TF125.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第082872号

责任编辑:陈有华 高 钰
责任校对:战河红

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:化学工业出版社印刷厂

710mm×1000mm 1/16 印张5 $\frac{3}{4}$ 字数96千字 2013年7月北京第1版第1次印刷

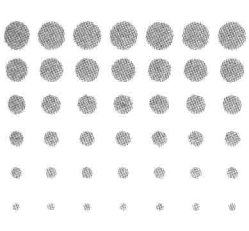
购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:18.00元

版权所有 违者必究



前言

FOREWORD

工学结合一体化作为中职教育教学发展的方向，是中等职业院校人才培养的一种有效模式。

工学结合一体化课程是以国家职业标准为依据，以综合职业能力培养为核心，根据职业的典型工作任务和工作过程所设计的课程体系及教学内容。

本书基于较为真实的工作场景，采用行动导向教学，通过源于职业行动领域中典型工作任务的学习任务，引领学生在完整的职业行动中经历准备、计划、实施、检查、评价、反思这一工作流程，获取工作过程知识，促进学生的有效学习和主动学习，完成在做中学、学中做。强化学生在学习过程中的主体作用和小组合作的学习方式，教师更多的是充当引领者和主持人的角色，锻炼学生的学习能力和实践能力的同时，也培养学生的综合职业能力，实现工作和学习的融通合一，综合职业能力、职业道德和工作要求的对接合一。既更好地满足行业和企业对于专业人才的需要，也更利于学生个人的职业生涯发展。

本书内容包括铝生产认识、铝生产原料分析、生产中间控制分析和铝产品分析。除了依据企业生产实际需要并结合现有教学条件所设计的学习任务外，还安排一些拓展任务（用*号标注）供学生选学。各学习任务所要求的知识和技能由浅入深呈阶梯递进关系，所要求的能力和素质呈螺旋式上升关系，体现由初学者到熟练工的职业发展

规律。本书在编写中体现工学一体化的人才培养特征，即学习目标的工作性、学习内容的综合性、学习过程的行动性、学习空间的开放性和评价反馈的过程性。

本书由广西石化高级技工学校颜晓华主编，蒋勤成副主编，陈辉主审。在编写过程中得到广西石化高级技工学校领导及关杰强等老师、北京千秋业教育咨询公司课程专家李翠萍的大力支持，中铝广西分公司技术中心唐文阳、黄世家、韦锋、何麒麟和广西华银铝业有限公司中心化验室的蒋兆福、李爱龙等实践专家为我们提供了大量的资料素材，并给予很多指导和帮助，在此一并表示衷心感谢。

限于编者水平，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2013年3月

目录

CONTENTS

学习情境一 铝生产认识

学习任务 铝生产认识	3
------------------	---

学习情境二 原料分析

学习任务一 铝土矿石中氧化铝含量的测定	15
学习任务二 铝土矿石中二氧化硅含量的测定	28
* 学习任务三 铝土矿石中三氧化二铁含量的测定	38

学习情境三 中间控制分析

学习任务一 铝酸钠浆液全碱、氧化铝的分析	45
* 学习任务二 铝酸钠浆液苛性碱的分析	57

学习情境四 产品分析

学习任务一 铝及铝合金中锌含量的测定	61
* 学习任务二 氧化铝中氧化钠含量的测定	70
* 学习任务三 氧化铝中灼烧减量的测定	74

附录	76
----------	----

附录一 常用酸碱溶液的相对密度、质量分数和物质的量浓度	76
附录二 分析常用基准物	77
附录三 常用的缓冲溶液	77
附录四 氨羧配位剂类配合物的稳定常数	79
附录五 不同 pH 下常见 EDTA 配合物的表观稳定常数	80

参考文献	82
------------	----

学习情境一 铝生产认识



学习目标

完成本学习任务后，你应当能够：

1. 区分几种铝土矿石的类型；
2. 认识氧化铝及其水合物的物理及化学性质；
3. 叙述氧化铝生产的基本流程和所用生产设备；
4. 在教师指导下，明确铝生产分析中原料、产品、中间控制分析的主要检验项目。



建议课时

16 课时



学习任务描述

请通过对本任务的学习，辨别铝矿石类型、区分不同氧化铝水合物性质、认识氧化铝生产过程、了解铝生产分析的意义和常规分析检测项目，为学习铝生产分析做好知识储备。同时，通过了解铝工业企业和理解氧化铝生产基本流程，感受企业文化，加深职业认识，拓宽职业发展能力。

铝具有银白色光泽，具有良好的导热性、导电性和延展性，它可以像铁一样便宜且容易焊接，像锌或锡那样容易铸造，是世界上最为广泛应用的金属之一。它是一种非常优秀的原材料，轻而且足够坚固，除了性能要求特别高的军用飞机以外，它能用来制造大多数飞机；但它又足够廉价，在建筑业上，由于铝在空气中的稳定性和阳极处理后的极佳外观而受到很大应用；在航空及国防军工部门也大量使用铝合金材料；在电力输送上则常用高强度的铝缆；集装箱运输、家用电器、机械设备、日用器皿等都需要大量的铝，比如我们日常生活中常见的易拉罐（见图 1-1）、炊具（见图 1-2）等。

铝广泛应用于建筑、包装、交通运输、电力、航空航天等领域，氧化铝（见图 1-3）、电解铝（见图 1-4）、铝加工材是国民经济建设、战略性新兴产业和

国防科技工业不可缺少的基础原材料。氧化铝生产过程就是从铝矿石中提取氧化铝使之与杂质分离的过程，铝矿石及含铝原料类型繁多，对不同的铝土矿石必须采用不同的生产方法。



图 1-1 铝制易拉罐



图 1-2 铝锅

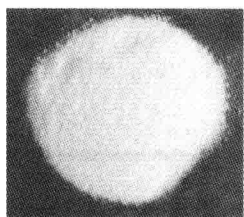


图 1-3 氧化铝

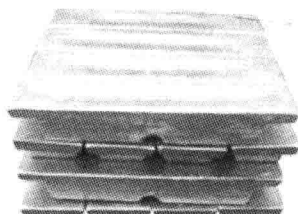


图 1-4 铝锭

学习任务 铝生产认识



第一部分 学习准备

一、请查阅相关资料，完成下列问题

1. 铝土矿石的类型（图 1-5～图 1-7）

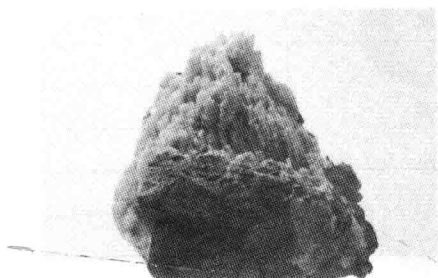


图 1-5 三水铝石

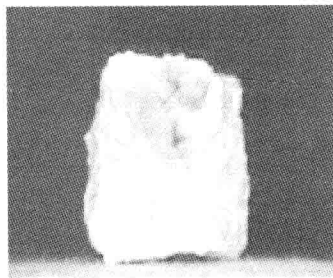


图 1-6 一水软铝石

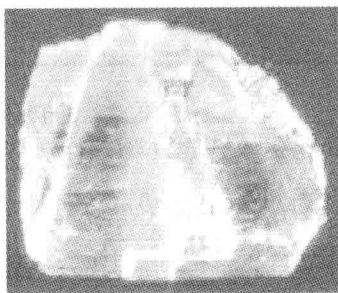


图 1-7 一水硬铝石

铝是分布较广的元素，在地壳中含量仅次于氧和硅，是地壳中含量最高的金属元素。

铝的化学性质很活泼，在自然界中只以_____态存在。自然界中含铝矿物达 250 种，其中主要矿物有_____、_____、_____、_____和_____等。目前，_____是当今氧化铝生产工业最主要的矿物资源。

铝土矿石中的铝元素是以_____形式存在的。根据其氧化铝水合物所含结晶水的不同，把铝土矿石分为_____、_____、_____及_____等四类矿种。

铝矿石的质量会影响生产技术条件的控制、_____、能耗及产品质量等各个方面。判断铝矿石质量的指标主要有_____、_____、_____等三

项。铝矿石中表示氧化硅含量的指标是_____，即_____，通常以_____表示。_____越高，表示铝矿石品位越高、质量越好。

2. 氧化铝及其水合物的分类

氧化铝水合物 ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 根据所含结晶水数目 (n) 的不同，可分为_____型、_____型、_____型三类。其中三水型指的是 $n=$ _____的氧化铝水合物；一水型指的是 $n=$ _____的氧化铝水合物；铝胶为_____不完善的氧化铝水合物 (表 1-1)。

表 1-1 氧化铝水合物的分类及组成

类 别	组 成	名 称
三水型氧化铝		
一水型氧化铝		
铝胶		

3. 氧化铝水合物的性质

(1) 物理性质 各种氧化铝水合物的物理性质各不相同，其密度和硬度是按图 1-8 所示次序增加。

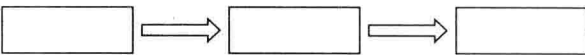


图 1-8 氧化铝水合物的物理性质比较

(2) 化学性质 氧化铝水合物是_____，均不溶于_____，可溶解于_____或_____中。溶解于弱酸和弱碱时所产生的铝盐很不稳定，会立即发生水解生成_____而不能用于工业生产。溶解于强酸和强碱时所生成的铝盐则较为稳定，在工业控制条件下能够满足生产要求，工业上的酸法和碱法生产氧化铝就是利用了这一性质。

二、氧化铝生产方法

氧化铝生产是指用_____或_____从_____中把_____与其他杂质分离出来而得到纯净的氧化铝。氧化铝工业中主要采用_____法生产氧化铝工艺。碱法生产氧化铝工艺又分为_____法、_____法及_____法三种工艺流程。其中采用_____法工艺流程生产的氧化铝量占到总产量的 90% 以上，是

采用高铝硅比铝土矿作原料的新建铝厂的首选工艺流程（图 1-9）。

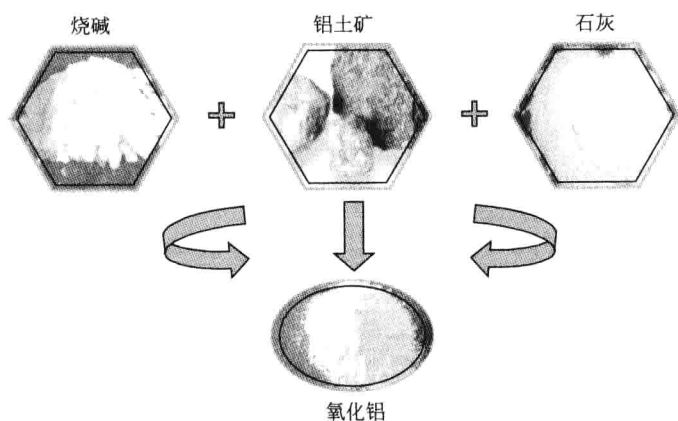


图 1-9 氧化铝生产

1. 请简述拜耳法基本工艺原理：

2. 拜耳法生产氧化铝工艺的优缺点：



第二部分 计划与实施

一、讨论氧化铝生产过程

观看相关课件，分组学习、讨论氧化铝生产过程。

图 1-10 为拜耳法生产氧化铝的工艺流程。图 1-11 和图 1-12 分别为铝业全景和矿山。

拜耳法生产氧化铝工艺流程主要分为以下几个步骤。

1. 铝土矿的破碎：通常分为_____、_____、_____。所用设备有_____、_____、_____、_____。

图 1-13 为颚式破碎机，图 1-14 为圆锥式破碎机。

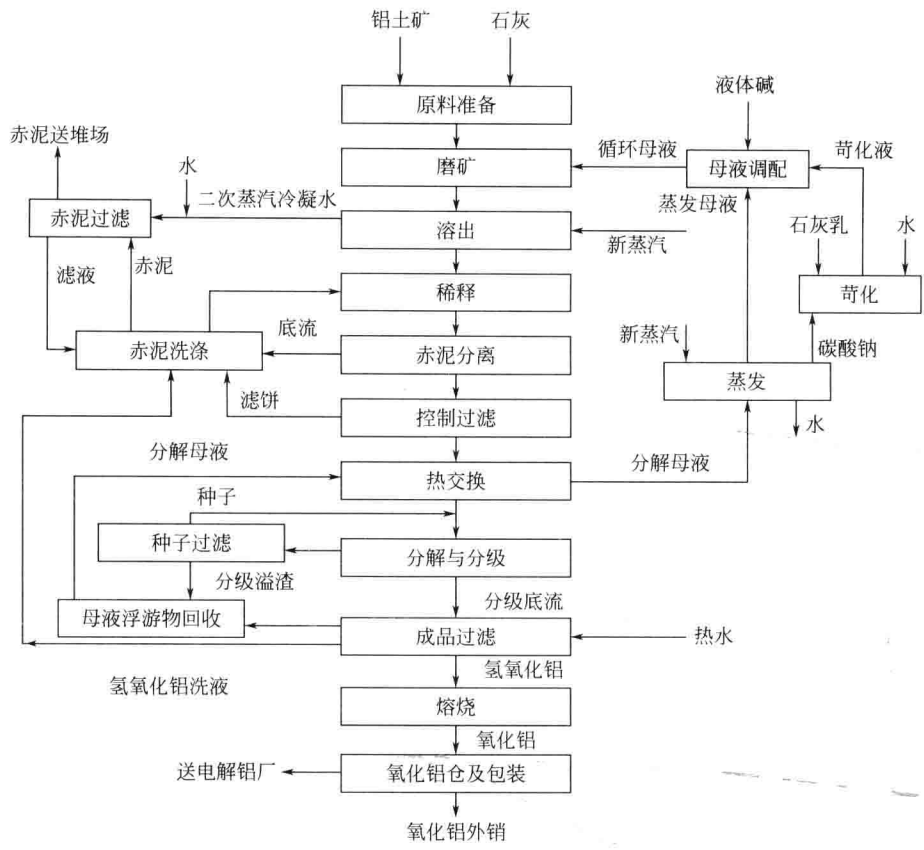


图 1-10 拜耳法生产氧化铝工艺流程

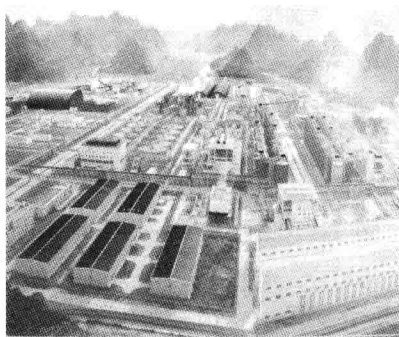


图 1-11 铝业全景

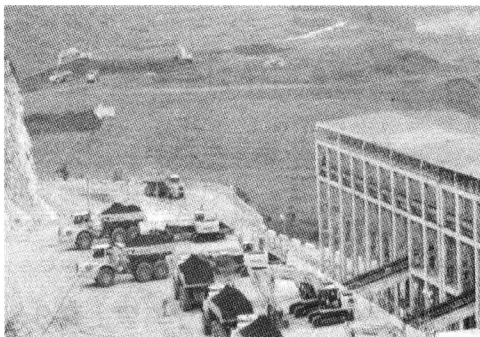


图 1-12 矿山

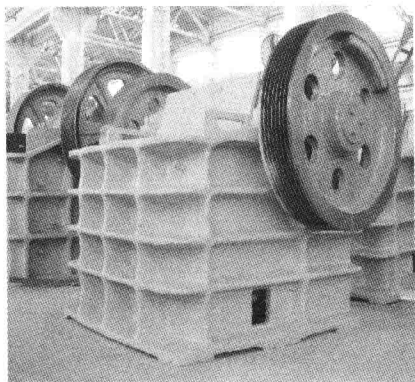


图 1-13 颚式破碎机

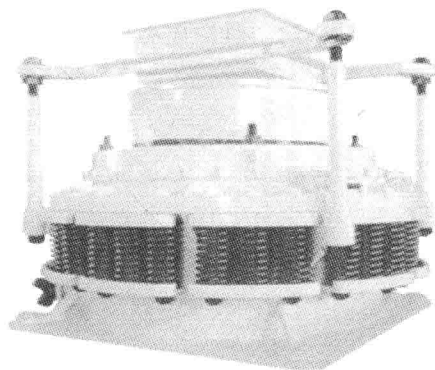


图 1-14 圆锥式破碎机

2. 湿磨：_____

所用设备是_____。

图 1-15 为球磨机。

3. 溶出：在_____、_____条件下使_____中的_____从矿石中_____出来，制成_____溶液而_____、_____、等杂质则进入_____中。

所用设备是_____。

图 1-16 为高压溶出器。

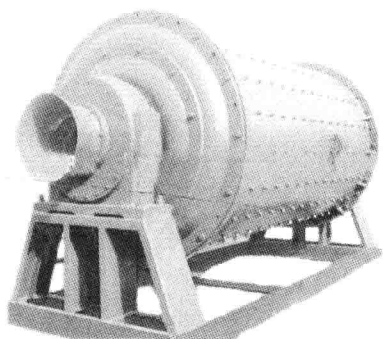


图 1-15 球磨机

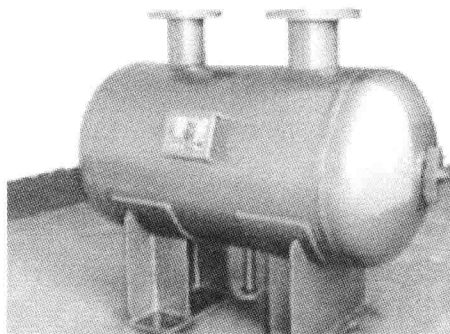


图 1-16 高压溶出器

4. 稀释：溶出后的浆液用_____加以稀释，以进一步_____，更重要的是为_____和_____创造必要条件。

所用设备是_____。

5. 赤泥洗涤：沉降分离出来的_____，必须加水洗涤，以回收赤泥附液中的有用成分_____。洗涤次数越多，有用成分损失_____，洗涤次数一般为_____。

所用洗涤设备是_____。

图 1-17 为沉降槽。

6. 晶种分解：将彻底分离了赤泥的_____送入_____，加入_____不断搅拌并_____，使之发生分解反应析出_____。并得到含有_____的_____。

所用分解设备是_____。

图 1-18 为晶种分解槽。

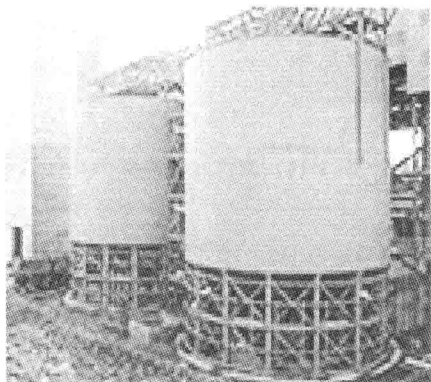


图 1-17 沉降槽



图 1-18 晶种分解槽

7. 煅烧：用煅烧设备在高温下将_____的_____和_____除掉，并使其发生_____，以获得适合_____生产要求的_____。

所用煅烧设备为_____、_____、_____。

图 1-19 为回转窑，图 1-20 为焙烧设备。

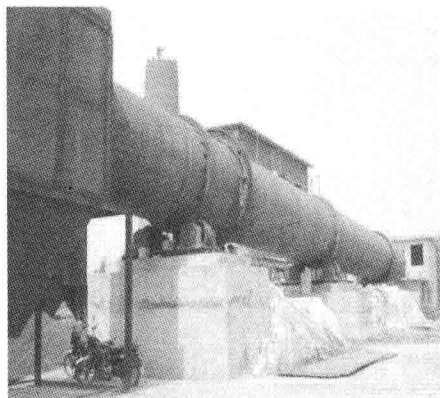


图 1-19 回转窑

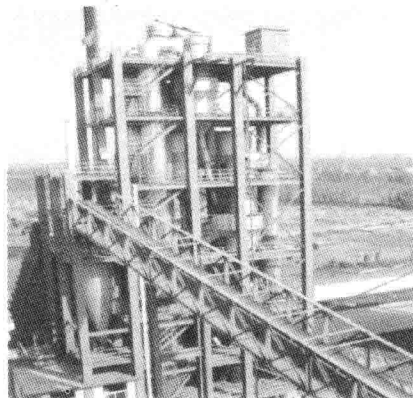


图 1-20 焙烧设备

8. 蒸发：_____需要在_____浓缩，以提高_____，保持生产的循环体系中_____，使循环母液达到符合拜耳法溶出的要求。

所用设备是_____。

蒸发设备见图 1-21 和图 1-22。

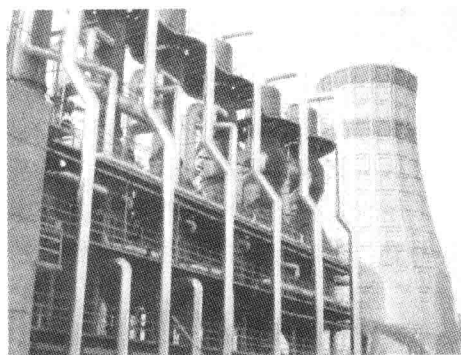


图 1-21 蒸发

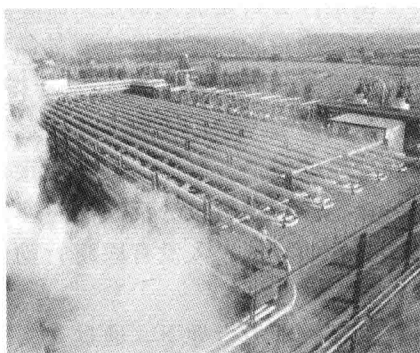


图 1-22 管道化

9. 苛化：在蒸发时还有一定数量的_____从母液中结晶析出，将其分离出来用_____苛化成_____溶液，与蒸发母液一同送往湿磨配料。

10. 请用箭头流程图归纳概括氧化铝生产的主要步骤，你认为比较重要的环节是哪几个？并试着阐述理由。

二、小组评论

各小组派代表在班级叙述氧化铝生产流程，其他小组对其表现进行评议，将其优点和不足分别记录在白纸上，用张贴板法供同学们分享和交流，并评出最佳表现奖。

三、明确铝生产分析中的主要检验项目

铝生产分析是氧化铝生产中不可缺少的组成部分。从原料到成品的质量都要经过分析检验。不知道矿石的品位，配料就有很大的盲目性；没有合乎要求的浆液或熟料，就不能最有效地提高氧化铝的溶出率。总之，从原料、溶出、分解到成品等工序，都规定有一定的技术指标，以确保生产持续的稳定和高产，保证生产的低消耗和产品的高质量。而所有这些指标都要求分析化验员准确地及时地把各种物料成分反映给各车间、各工序以及生产指挥系统，为指挥生产提供必要的的数据。人没有眼睛行动就十分困难，生产分析好比生产中的眼睛和侦察兵。

请在教师的指导下，通过查阅相关国家标准和企业标准，明确铝生产分析中原料、产品、中间控制分析的主要检验项目（分别列举 5 个以上）。

原料分析：_____

中间控制分析：_____

产品分析：_____



第三部分 评价反馈

请各位同学和各小组根据完成学习任务的表现，进行以下评价：

一、自评

你對自己本次学习任务完成的情况是否满意？在学习过程中你對自己最不满意的地方是哪里？你试图通过什么方式克服？

二、互评

请挑选一位自己小组的组员进行评价。在完成学习任务的过程中通过你的观察，你最欣赏他（她）的地方在哪里？你觉得他（她）的这个优点你可以怎样借鉴和学习？

三、对教师教学的反馈

请对老师的教学提出一些建议或者要求。



第四部分 知识窗

铝冶金发展史

铝在自然界中分布极广，在地壳中的含量约为 8%，仅次于氧和硅，居于第三位。但在各种金属元素当中，铝居于首位。铝的化学性质十分活泼，因此自然界中极少发现元素状态的铝。含铝的矿物有 250 多种，其中主要的是铝土矿、高岭石、明矾石。

金属铝最早是用化学法制取的。1825 年丹麦奥斯特用钾汞齐还原无水氯化铝，得到一种灰色的金属粉末，在研磨时呈现银色的光泽，但当时未能加以鉴定。1854 年德国维勒用氯化铝气体通过熔融钾的表面，得到了金属铝珠，每颗约重 10~15mg。因此铝的一些物理和化学性质得到了初步的测定。

1854 年法国德维斯用钠代替钾还原 NaCl-AlCl_3 配合盐，制取金属铝。钠的原子量比钾小，制取 1kg 铝所需的钠量大约是 3.0~3.4kg，而用钾约要 5.5kg，因此用钠比较经济。1865 年俄国别科托夫提议用镁还原冰晶石来生产铝，这一方案后来再德国铝镁工厂里得到采用。

自从 1887~1888 年间电解法炼铝工厂开始投入生产后，电解法便渐渐启用了。在此之前的 30 多年内采用化学法总共生产约 200 吨铝。

电解法炼铝起源于 1854 年。当时德国本生和法国德威斯分别通过电解氯化铝-氯化钠络盐，得到金属铝。但在那时所用的是蓄电池，故无法扩大试验。直至 1867 年发明了发电机，并在 1880 年加以改进后，才使电解法可以用于生产。

1886 年美国霍尔和法国的埃鲁，通过试验不约而同的申请了冰晶石-氧化铝融盐电解法炼铝的专利，得到批准。这就是通常所说的霍尔-埃鲁法。也是一百多年来工业炼铝的唯一方法。与化学法相比，电解法成本比较低，且产品质量好，故被各国相继采用，并沿用至今。

自从冰晶石-氧化铝融盐电解法发明以来，全世界原铝产量迅速增长。1890 年正值电解法诞生之初，铝产量只有 180 吨，1900 年增至 6990 吨，1925 年 18 万吨，到 1995 年已达到 2400 万吨。近年我国铝工业发展迅速，产品结构一直