



有色金属行业教材建设项目
甘肃省“十四五”职业教育规划教材

有色金属智能冶金技术 实验实训指导

主 审 李自玺

主 编 魏建华

副主编 李克恩 徐兴莉

编 委 (按姓氏笔画排序)

王晓丽 (包头职业技术学院)

史学红 (山西工程职业技术学院)

苏瑞娟 (甘肃有色冶金职业技术学院)

李自玺 (金川集团有限公司)

李克恩 (甘肃有色冶金职业技术学院)

周冠中 (山东星科智能科技股份有限公司)

祝丽华 (有色金属工业人才中心)

都美花 (甘肃有色冶金职业技术学院)

徐兴莉 (甘肃有色冶金职业技术学院)

薛世威 (白银有色集团股份有限公司)

魏建华 (甘肃有色冶金职业技术学院)



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

有色金属智能冶金技术实验实训指导 / 魏建华主编. — 合肥:
合肥工业大学出版社, 2023.10 (2025.1 重印)

ISBN 978-7-5650-6475-3

I . ①有… II . ①魏… III . ①有色金属冶金—实验
IV . ①TF8-33

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 198691 号

有色金属智能冶金技术实验实训指导

YOUSE JINSHU ZHINENG YEJIN JISHU SHIYAN SHIXUN ZHIDAO

魏建华 主编

策划编辑 张 慧
责任编辑 赵 娜
出版发行 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
网 址 www.hfutpress.com.cn
电 话 理工图书出版中心: 0551-62903004
营销与储运管理中心: 0551-62903198
规 格 787 毫米 × 1092 毫米 1/16
印 张 14.25
字 数 320 千字
版 次 2023 年 10 月第 1 版
印 次 2025 年 1 月第 2 次印刷
印 刷 三河市海新印务有限公司
书 号 ISBN 978-7-5650-6475-3
定 价 45.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题, 请与出版社营销与储运管理中心联系调换

前言



党的二十大报告指出,“高质量发展是全面建设社会主义现代化国家的首要任务。……建设现代化产业体系。坚持把发展经济的着力点放在实体经济上,推进新型工业化,加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。”深入学习贯彻党的二十大精神,把党的二十大的重大决策部署付诸行动,在职业教育实验实训的教学环节,融入创新意识、工匠精神、劳动精神。

本教材以“提高学生就业能力以促进充分就业”为目的,针对高职学生学习就业中存在的实际问题,从专业技术、就业能力、职业素养三个维度,以模块化方式按任务进行编写,各模块融入思政教育,任务注重科学性、先进性和适用性,强调学以致用。参与编写的教师主要是长期从事冶金专业“理实一体化”教学的专职教师和冶金企业生产一线技术人员。在具体编写中,编者抓住高职学生的特点,在内容的组织上,简化理论内容,强化实践操作能力的培养,教材中所列任务均为结合专业岗位实际任务设计,紧密贴近行业企业生产实际,通过相关实验实训内容的学习与训练,提高学生运用理论知识分析并解决实际问题的能力,同时团队协作精神和自主创新意识得到锻炼提升。本教材为智能化融媒体新形态教材,配套资源丰富,包括课件平台、在线测试题、试题库等,读者可扫描微信小程序码,通过微信小程序浏览查看。本教材可作为高等职业院校冶金专业学生的实验实训教材,亦可供冶金相关企业作为职工培训教材。

本教材编写工作由甘肃有色冶金职业技术学院冶金教研室承担,其中魏建华担任主编,李克恩、徐兴莉担任副主编,李自玺担任技术指导。其中,魏建华负责基础实验单元实验十~实验十四,技能实训单元实训八~实训十二,虚拟仿真实训单元虚拟仿真一~虚拟仿真五的内容编写;苏瑞娟负责基础实验单元实验十五~实验二十二,虚拟仿真实训单元虚拟仿真六、虚拟仿真七的内容编写;徐兴莉负责基础实验单元实验二十三~实验二十五,技能实训单元实训五~实训七的内容编写;李克恩负责基础实验单元实验一~实验九,技能实训单元实训一~实训四,虚拟仿真实训单元虚拟仿真八~虚拟仿真十一的内容编写;都美花负责技能实训单元实训十三~十八的内容编写;魏建华、苏瑞娟、李克恩负责仿真实训操作系统简介的编写。全书由魏建华统稿,李自玺审定。

有色金属智能冶金技术实验实训指导

本教材依托全国有色金属新材料行业产教融合共同体和金昌国家级经开区有色金属新材料产教联合体，充分汇聚了行业与教育领域的多方资源与智慧。编写过程中得到了金川集团公司、有色金属工业人才中心、白银有色集团股份有限公司、山东星科智能科技有限公司等企业的大力支持，为教材的编写提供了宝贵的实践经验和案例。包头职业技术学院王晓丽老师、山西工程职业技术学院史学红老师也在本书编写中针对内容的选取组织和任务操作适用等方面提出了宝贵建议，在此表示衷心的感谢！同时本教材参考和引用了大量的文献资料，在此向原作者致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，诚请广大读者批评指正。



《有色金属智能冶金技术实验实训指导》

编 者

2024 年 10 月

目录



第一篇 基础实验单元	1
实验一 常见仪器及操作认识	3
实验二 药品的称量	6
实验三 液体的取用	10
实验四 溶液的配制	14
实验五 中和滴定	17
实验六 蒸发和结晶提纯粗盐	19
实验七 金属材料的硬度测定	21
实验八 金相实验	23
实验九 铜合金的金相组织观察	25
实验十 铜矿石的破碎筛分	28
实验十一 固体散料堆积角（安息角）的测定	31
实验十二 铜精矿常压稀酸浸出	33
实验十三 铁粉置换铜实验	35
实验十四 硫酸铜晶体的脱水与硫酸铜溶液的蒸发结晶	37
实验十五 硫酸铜晶体制备（冷却结晶法）	39
实验十六 P507 萃取分离镍与铁	42
实验十七 铜电解精炼	44
实验十八 低碳钢电镀镍	46
实验十九 间歇沉降实验——沉降曲线的绘制	49
实验二十 浓缩矿浆的过滤与干燥	52
实验二十一 煤的水分测定	54
实验二十二 赤铁矿直接还原粗略测定 Fe_2O_3	56
实验二十三 铝土矿的磨矿细度试验	58
实验二十四 散体物料磁性物含量测定	60
实验二十五 氢氧化铝的制备	62

第二篇 技能实训单元	65
实训一 颚式破碎机认识及使用	67
实训二 球磨机的认识及使用	70
实训三 实验室浮选机操作	73
实训四 矿石破碎筛分工艺流程实践操作	75
实训五 圆盘制粒机的使用	77
实训六 井式气体渗碳炉的操作	79
实训七 液压折弯机的操作	81
实训八 冶金机电设备点检——机械单元点检操作训练	84
实训九 冶金机电设备点检——仪表单元点检操作训练	89
实训十 冶金机电设备点检——电气单元点检操作训练	97
实训十一 离心风机的拆装	103
实训十二 列管式换热器及流体输送工艺管路拆装	105
实训十三 电机点动 PLC 控制项目设计	109
实训十四 电机连动 PLC 控制项目设计	112
实训十五 利用 MATLAB 仿真软件分析不同的控制方式下系统的动态响应	115
实训十六 电机“正反停”PLC 控制项目设计	118
实训十七 水塔水位自动控制项目设计	121
实训十八 四路抢答器 PLC 控制项目设计	125
第三篇 虚拟仿真实训单元	129
仿真软件简介一 火法制铜生产工艺	131
仿真软件简介二 湿法制铜生产工艺	134
仿真软件简介三 铜冶炼（转炉）生产仿真实训系统	138
仿真软件简介四 铜冶炼（阳极炉）生产仿真实训系统	150
仿真软件简介五 钢铁生产仿真实训系统	160
仿真软件简介六 电解铝生产仿真实训系统	174
虚拟仿真一 火法制铜仿真模拟训练（冷态开车）	182
虚拟仿真二 湿法制铜仿真模拟训练（冷态开车）	186
虚拟仿真三 湿法制铜仿真模拟训练（异常工况）	189
虚拟仿真四 转炉制铜仿真模拟训练（正常生产）	191
虚拟仿真五 阳极炉仿真模拟训练（正常生产）	196
虚拟仿真六 转炉炼钢仿真模拟训练（正常生产）	202

虚拟仿真七 转炉炼钢仿真模拟训练（异常工况）..... 205

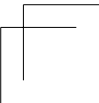
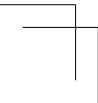
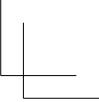
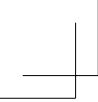
虚拟仿真八 电解铝换阳极仿真模拟实训 207

虚拟仿真九 电解铝抬母线仿真模拟实训 212

虚拟仿真十 电解铝出铝作业 215

虚拟仿真十一 电解铝阳极效应熄灭作业 217

参考文献..... 220





实验十九 间歇沉降实验——沉降曲线的绘制

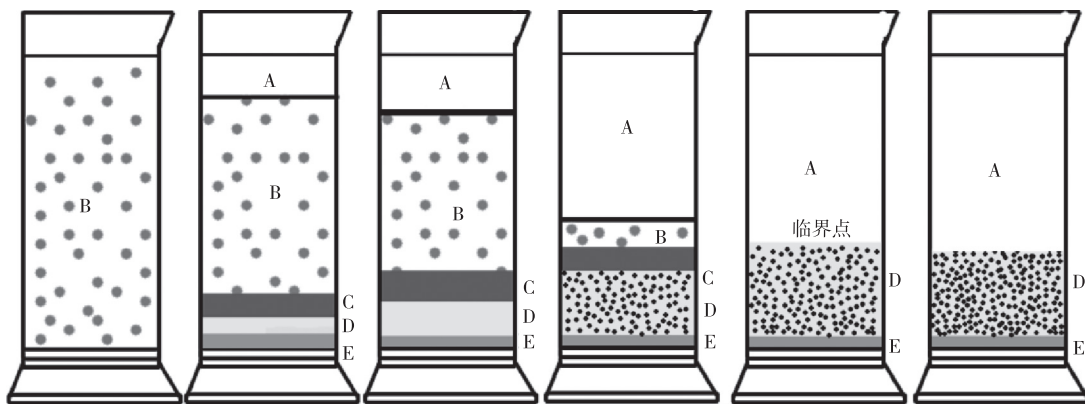
一、实验目的

- 观察沉降过程。
- 掌握沉降曲线的绘制。
- 掌握沉降速率、沉降面积、沉降产率等参数的计算方法。

二、实验原理

间歇沉降实验是矿物加工作业中处理尾矿、精矿或中间物料的基础实验之一，其目的在于测试一定浓度的矿浆中固体物料的沉降速度，作为选矿厂设计或选择分泥斗、浓密机、尾矿坝、回水池等设备的依据。

一般精矿的沉淀浓缩过程，特别是在实践上有较大意义的初期沉降，干涉现象并不严重，可近似的看作自由沉降。整个浓缩过程可以看作矿粒以沉降末速做恒速沉落的过程。沉淀浓缩过程如图 1-19-1 所示。



A—澄清区；B—沉降区；C—过渡区；D—压缩区；E—粗粒区。

图 1-19-1 沉淀浓缩过程

间歇沉降实验可说明沉淀浓缩过程的变化情况。沉降曲线是矿浆悬浮液面(H)与沉降时间(t)的关系曲线，可通过直接观测法获得。实验在 1 L 量筒中进行，将一定浓度的矿浆倒入贴有刻度条的 1 L 量筒中，矿浆应装至量筒的最大刻度处，此为沉降起点(H_0)。将矿浆搅拌均匀，开始计时，每隔一定时间读取筒内物料的沉降高度，直至沉降平衡(H_u)。作出 $H-t$ 关系图，计算沉降速度等参数。

沉降速率的计算分式为

$$v = -\frac{\Delta H}{\Delta t} = -\frac{H_0 - H_u}{t_u}$$



三、实验设备、原料和试剂

1. 实验设备

量筒(1 000 mL)、振筛机、80 目筛、300 目筛、玻璃棒、容量瓶、秒表、天平和塑料烧杯(500 mL、1 000 mL)等。

2. 原料和试剂

矿样等。

四、实验步骤

1. 矿样细度

用振筛机对矿样进行筛分,记录筛上筛下矿样重量,计算-200 目比例。

2. 矿浆配制

(1)称取空量筒质量记为 W_1 ,以备下次实验用。

(2)用天平称取一定质量(Q)的矿样,加水配制成一定浓度的矿浆 1 000 mL(参考矿浆浓度 25%~30%, 350 g 矿样,约 900 mL 水)。

3. 沉降过程

(1)将矿浆加入量筒中,加至 1 000 mL 刻度线,此为沉降起点,沉降高度为 H_0 ,沉降时间为 0 s。

(2)将矿浆用玻璃棒搅拌均匀,开始用秒表计时。每隔 5 s 记录一次沉降高度,随沉降过程进行,记录时间间隔可逐渐延长至 30 min、1 h、2 h 直至沉降平衡,沉降高度几乎不随时间改变,此为终点,沉降高度为 H_u 。

(3)观察沉降过程量筒内物料层和澄清区情况,理解沉降过程。

4. 绘制沉降曲线

填写沉降高度 H 与沉降时间 t 表,见表 1-19-1 所列,绘制沉降曲线。

五、数据记录与处理

1. 数据记录

空量筒质量 W_1 = _____ g;

矿样总质量 Q = _____ g;

-200 目质量 m = _____ g;

矿样细度(-200 目比例) = _____;

沉降起点 H_0 = _____ mm;

沉降终点 H_u = _____ mm;

将数据记录在表 1-19-1 中。

表 1-19-1 数据记录

t/s	0	5	10	15	20	25	30	60
H/mm								
t/min	3	5	8	10	12	14	16	18
H/mm								
t/min	20	22	24	26	28	30	35	40
H/mm								
t/min	45	50	60	70	80	100	150	200
H/mm								
t/min	250	300	400	500				
H/mm								

2. 数据处理

沉降速率的计算结果为

$$v = -\frac{\Delta H}{\Delta t} = -\frac{H_0 - H_u}{t_u} = \text{_____} (\text{mm/min})$$

六、思考题

沉降过程中影响沉降速度的因素有哪些？



实验二十 浓缩矿浆的过滤与干燥

一、实验目的

- 理解并掌握固液分离的基本工艺。
- 理解不同固液分离方法的原理及效果。
- 掌握真空过滤机的使用。
- 掌握鼓风式干燥机的使用。

二、实验原理

浓缩矿浆含水量较高，不能满足精矿产品质量要求，还需进一步固液分离，降低含水量。通过过滤，可将浓缩矿浆的水分含量从原来的 40%~50%降低到 10%~20%，再将过滤所得滤饼进行烘干，可获得水分含量 3%~8%的精矿粉，含水量基本达到精矿产品要求。

浓缩矿浆的过滤与干燥一般采用差减法。

三、实验设备、原料和试剂

1. 实验设备

鼓风干燥机、圆盘真空过滤机、天平、量筒(1 000 mL)、烧杯(2 000 mL)、玻璃棒和 DHS 烘干法水分测定仪等。

2. 原料和试剂

矿样和浓缩矿浆等。

四、实验步骤

- (1) 间歇沉降实验所称的矿样质量，记为 Q ；
- (2) 称量空量筒质量，记为 W_1 ；
- (3) 倒出间歇沉降实验上层清液，称量间歇沉降实验所得的底流，即浓缩矿浆+量筒的质量，记为 W_2 ；
- (4) 浓缩矿浆在圆盘真空过滤机上过滤，称量滤饼的质量，记为 W_3 ；
- (5) 将滤饼置于鼓风干燥机内烘干得到矿粉，干燥机温度为 100 ℃；
- (6) 待矿粉烘干后，取出，待冷却至室温后称量干燥矿粉的质量，记为 W_4 ；
- (7) 干燥矿粉的水分含量通过 DHS 烘干法水分测定仪进行测定。

五、数据记录与处理

1. 数据记录

矿样质量 $Q =$ _____ g;

加水体积 $V =$ _____ ml;

矿浆浓度 $R =$ _____ %;

量筒质量 $W_1 =$ _____ g;

浓缩矿浆+量筒的质量 $W_2 =$ _____ g;

滤饼质量 $W_3 =$ _____ g;

干燥矿粉质量 $W_4 =$ _____ g。

2. 数据处理

原矿浆含水量 $= 1 - R =$ _____ %;

浓缩矿浆质量 $G_1 = W_2 - W_1 =$ _____ g;

浓缩矿浆含水量 $= \frac{(G_1 - W_3)}{G_1 \times 100\%} =$ _____ %;

滤饼含水量 $= \frac{(W_3 - W_4)}{W_3 \times 100\%} =$ _____ %;

干燥矿粉含水量 $=$ _____ %。

六、结果与讨论

固液分离过程中产品的含水量如何变化? (画图说明)



实验二十一 煤的水分测定

一、实验目的

- 了解煤水分测定的原理。
- 掌握电子天平、DHS 烘干法水分测定仪等设备的使用。
- 提高动手能力、综合运用知识的能力。

二、实验原理

煤中的水可分为游离水和化合水。游离水以附着、吸附等物理现象与煤结合，化合水以化学方式与煤中某些矿物质结合，又称为结晶水。煤中的游离水称为全水分，其中一部分附着在煤表面上，称为外部水分；其余部分吸附或凝聚在颗粒内部的毛细孔内，称为内部水分。煤中的全水分经过足够的时间，可全部从中脱出。

三、实验设备、原料和试剂

1. 实验设备

天平、DHS 烘干法水分测定仪、毛刷和药匙等。

2. 原料和试剂

煤粉等。

四、实验步骤

(1) 调整。

- ①选择合适的电源电压，将电压转换开关拨向正确的位置(选择 220 V)。
- ②观察水平泡位置，如若偏移，需调整两个水平脚(天平和 DHS 烘干法水分测定仪均需要调整)。

(2) 预热。

- ①插上 DHS 烘干法水分测定仪电源，按一下“ON”键开启显示，显示屏全亮约 2 s。
- ②打开上盖，设定相应温度为 100 ℃、时间为 30 min，关上上盖。
- ③打开后部加热电源开关，“--”标志为接通，“0”标志为断开。
- ④按一下“ON”键，让 DHS 烘干水分测定仪空秤加热。此时显示屏上方显示“Begin”，右下角显示的是剩余加热时间；30 min 时，自动停止加热，显示屏上方显示“Stop”。

(3) 打开上盖冷却，设置时间为 20 min。

- ④待机完全冷却后，按“CR/T”键，去皮重。用天平称量 5 g 左右样品平铺于 DHS 烘干法水分测定仪的秤盘上，关上上盖。

(5) 按“ON”键开始加热样品，显示屏上方显示“Begin”。

(6) 在加热过程中，每隔 5 min 按一次“MODE”键，则显示屏的水分含量就改变一次。

(7) 20 min 时，水分仪停止加热，显示屏上方显示“Stop”，此时显示最终测得的水分含量值。

(8) 加热实验结束时，关闭 DHS 烘干法水分测定仪后部的加热电源开关。

五、数据计算与处理

含水量，即失水率的计算公式为

$$L = \frac{(G-g)}{G}$$

干燥率的计算公式为

$$R = \frac{g}{G}$$

回潮率的计算公式为

$$LR = \frac{(G-g)}{g}$$

湿重率的计算公式为

$$OR = \frac{G}{g}$$

式中： G ——样品干燥前重量，g；

g ——样品干燥后重量，g。

煤分析试样干燥后减少的质量占质量的百分数即为分析试样(或分析基)水分含量 W^f 。

$$W^f = \frac{\Delta G_w}{G} \times 100\%$$

式中： ΔG_w ——煤分析试样干燥后减少的质量，g；

G ——煤分析试样质量，g。

根据计算数据绘制出时间与失水率的关系图。图中， T 为加热剩余时间(min)， C 为加热温度(℃)。

六、思考题

为什么失水率会有回升现象？

实验二十二 赤铁矿直接还原粗略测定 Fe_2O_3

一、实验目的

- 了解直接还原法测定赤铁矿中 Fe_2O_3 含量的原理。
- 掌握 Fe_2O_3 含量测定数据处理的方法。
- 提高动手能力、综合运用知识的能力。

二、实验原理

赤铁矿主要成分为 Fe_2O_3 ，其直接还原的反应方程式如下：



在该反应中，C 带走了赤铁矿中的 O，形成了 CO_2 气体，通过计算得出 O 的质量，再推算出 Fe_2O_3 的质量，最后算出赤铁矿中 Fe_2O_3 的含量。

三、实验设备、原料和试剂

1. 实验设备

天平、玻璃棒、样品盆、药匙、计时表、电阻炉、带盖瓷坩埚、坩埚架和石棉手套等。

2. 原料和试剂

煤粉和赤铁矿(粒度为 10~12.5 mm)等。

四、实验步骤

(1) 用天平称取粒度为 10~12.5 mm 的赤铁矿 ($5 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$)，放入瓷坩埚。记录赤铁矿称量值 $a = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$ 。

(2) 假定称量的赤铁矿全部为 Fe_2O_3 ，按照直接还原的反应方程式计算 C 的质量。

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \xrightarrow{\quad} 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$$
$$m_{\text{C}} = \frac{36}{160} \times m_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{36}{160} \times a = \underline{\hspace{2cm}} (\text{g}) = b$$

用天平称取已工业分析的煤 $5 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$ ，也放入瓷坩埚(C 为煤的固定碳含量)，并用玻璃棒搅拌均匀。记录煤称量值 $d = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$ 。

(3) 将准备好的瓷坩埚放入电阻炉中，密封好，加热至 800°C ，保温 20 min，再冷却至室温(实验场所要通风)。记录还原后称量值 $e = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$ 。

(4) 计算还原前后质量变化值： $\Delta m = a + d - e = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$ 。

五、数据记录与处理

$$m_{\text{CO}_2} = \Delta m = \text{_____ g};$$

$$m_{\text{C消耗}} = m_{\text{CO}_2} \times \frac{12}{44} = \text{_____ g};$$

$$m_0 = m_{\text{CO}_2} - m_{\text{C消耗}} = \text{_____ g};$$

$$m_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = m_0 \times \frac{160}{16 \times 3} = \text{_____ g};$$

$$w(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m_{\text{Fe}_2\text{O}_3}}{a} \times 100\% = \text{_____}。$$

六、思考题

影响直接还原的因素有哪些?

实验二十三 铝土矿的磨矿细度试验

一、实验目的

- 了解磨矿机的基本结构及工作原理。
- 了解磨矿细度的影响因素。
- 掌握磨矿细度试验的基本操作及有关数据处理。

二、实验原理

浮选前的磨矿作业，目的是使矿石中的矿物得到解离，并将矿石磨到适合浮选的粒度。根据矿物嵌布粒度特性的鉴定结果，可以初步估计出磨矿细度，但最终必须通过试验加以确定。

影响磨矿细度的因素很多，在其他条件均相同时，随着磨矿时间的增加，磨矿细度增加。一般根据不同磨矿时间获得的不同磨矿细度绘制磨矿细度曲线，根据磨矿细度曲线寻找最佳磨矿时间。

三、实验设备、原料和试剂

1. 实验设备

磨矿机、量筒、秒表、接矿盆、盘(数个)、洗瓶、天平、输水管、烘干箱、200 目筛、铁铲、毛刷和振筛机等。

2. 原料和试剂

铝土矿试样等。

四、实验步骤

(1) 用天平称取三份以上的铝土矿试样，在保持其他试验条件相同下，用不同的时间(如 2 min、3 min、4 min、5 min、6 min)磨矿，然后进行浮选，比较其结果；

(2) 同时平行地取几份铝土矿试样，分别用前面规定的几个磨矿时间磨矿，并将磨矿产品筛析，找出磨矿时间和磨矿细度的关系；

(3) 选择结果较好的一两个条件，取相同的一两份铝土矿试样进行相应时间的磨矿、筛析；

(4) 将磨矿、筛析后的铝土矿试样烘干，再进行取样，一般为 100 g，并在 200 目的筛子上湿筛；

(5) 筛上产物烘干后，再放在 200 目的筛子上进行检查筛分，前后得的小于 200 目的物料合并计量，据此计算出该铝土矿试样中 200 目级别的含量。

五、数据记录与处理

(1) 将数据记录在表 1-23-1 中，并计算铝土矿试样细度。

表 1-23-1 数据记录

磨矿时间/ min	质量/g			-0.074 mm 含量
	筛上	筛下	合计	
2				
3				
4				
5				
6				

磨矿细度的计算公式为

$$\text{磨矿细度} = 1 - \frac{\text{筛上固体重量}}{\text{固体总量}} \times 100\%$$

(2) 绘制磨矿细度曲线(磨矿细度与磨矿时间的关系)，分析应用。

六、思考题

为什么湿筛完还要进行干筛？

实验二十四 散体物料磁性物含量测定

一、实验目的

- 了解磁选管的结构、工作原理及操作方法。
- 掌握散体物料磁性物含量试验的操作步骤。

二、实验原理

具有不同磁性的矿物粒子，通过磁选管形成的磁场，必然要受到磁力和机械力(重力和流体作用)的作用。由于磁性较强和磁性较弱的矿粒所受的磁力不同，因此两种矿粒会产生不同的运动轨迹。磁性较强的矿粒富集在两磁极中间，而磁性弱的矿粒则在水流的作用下排出。磁选管与磁极间的相对往复运动，使得磁极间的物料产生“漂洗作用”，将夹杂在磁性矿粒间的非磁性矿粒冲洗出来，于是物料矿粒按其磁性不同能在磁选管中被分选为两种单独的产物。

三、实验设备、原料和试剂

1. 实验设备

磁选管、烧杯、塑料洗瓶、软胶管、自来水管、玻璃棒、给料漏斗、干燥箱、秒表和天平等。

2. 原料和试剂

磁铁矿重介质粉和酒精等。

四、实验步骤

- (1) 检查设备，并接设备与控制器、控制器与电源间的连线。
- (2) 用软胶管将玻璃管和自来水管相连接，注水进玻璃管，调节尾矿管上的夹子，使玻璃管内水的流量保持稳定，水面高于磁极 30 mm 左右。
- (3) 按动电钮，电源接通。电机通过传动装置使玻璃管做往复上下移动和转动。调整手柄使激磁电流为 2.5 A，至此仪器处于待使用状态。
- (4) 用天平称取 20 g 磁铁矿重介质粉放入 500 mL 的烧杯中，滴入 5~6 滴酒精，并加入适量清水，用玻璃棒搅拌。
- (5) 将仪器调至待用状态。此时尾矿管有水流出，应用桶接水，该桶同时可收集尾矿。
- (6) 缓慢将矿浆从给料漏斗中给入磁选管，边给料边搅拌。给料完毕，用清水将烧杯及玻璃棒上的矿粒冲洗入磁选管。此时，磁性物附着在磁极相对应的玻璃管上，非磁性物随水一起从尾矿管排出。

- (7)继续给水，当玻璃管内水清晰不混浊时，夹住尾矿管的夹子，同时停水。
- (8)切断电源，打开尾矿管的夹子，用 500 mL 烧杯接取磁性物，用水将管壁的磁性物洗净。
- (9)将激磁调整手柄回至零位。
- (10)精矿和尾矿过滤脱水，滤饼送入 105 °C 干燥箱内烘干，干燥后冷却至室温称重。
- (11)注意事项：
- ①磁选管的磁场强度大于磁选机，所以试验时手中不得拿铁器，以免打碎玻璃管；勿将手表等物接近磁极，以免磁化受损。
- ②分选时一定要冲洗至玻璃管内水清晰不混浊为止。

五、数据记录与处理

(1)将试验所获数据和计算的数据填入表 1-24-1 中。

表 1-24-1 数据记录

试验编号	试料计算质量/g	精矿质量/g	尾矿质量/g	磁性物含量/%	磁选时间/min	激磁电流/A

(2)磁性物含量计算公式为

$$\beta=\frac{G_j}{G}\times100\% \tag{24-1}$$

式中： β ——磁性物含量，%；
 G_j ——磁性物(磁选出的精矿)质量，g；
 G ——试料计算质量，g。

六、思考题

- (1)磁性物含量与磁选回收率是一个概念吗？
- (2)重介质选矿生产过程中，哪些场合需要测定磁性物含量？有何意义。
- (3)讨论加料前的预湿有何意义？如果将磁铁矿粉直接加入磁选管可以吗？（一般情况下，干粉试样的湿法处理实验都应当预先用待试液体润湿。）
- (4)讨论试样调制成浆过程中，在搅拌时加入适量酒精的目的是什么？

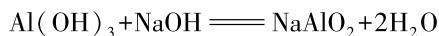
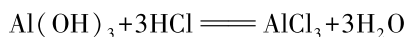
实验二十五 氢氧化铝的制备

一、实验目的

- 了解氢氧化铝制备实验的设计思路及制备条件的选择。
- 培养学生利用实验室或自然界易得原料设计、制备所需物质的能力，培养学生自主设计实验的能力。

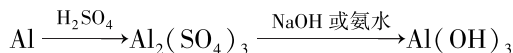
二、实验原理

氢氧化铝 $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ 是典型的两性氢氧化物，既能与强酸反应，又能与强碱反应，其反应方程式如下：

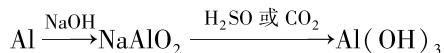


铝和铝的化合物都可以用来制取氢氧化铝。用较纯净的铝屑制取氢氧化铝有多种方案。

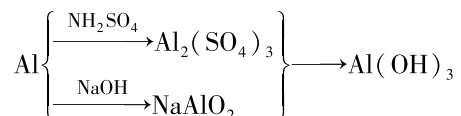
方案一：



方案二：



方案三：



如果选用含 Al^{3+} 的物质如明矾、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 等为原料制取氢氧化铝，那么可以选用方案一或方案三，但是由于氢氧化铝是典型的两性氢氧化物，与强碱会发生反应，因此选用强碱不好控制，选用弱碱较为理想。

如果选用纯净的氧化铝为原料，可直接用强酸溶解 1 份氧化铝，用强碱溶解 3 份氧化铝，然后混合两种溶液，利用盐类水解制备氢氧化铝。该方法与由铝制备氢氧化铝类似，但在实验室效果不理想。

三、实验设备、原料和试剂

1. 实验设备

滤纸、布氏漏斗、烧杯、玻璃棒和 pH 试纸等。



2. 原料和试剂

铝屑、稀 NaOH 溶液、稀硫酸和浓 NaOH 溶液等。

四、实验步骤

(1) 除去铝屑表面的氧化膜。在烧杯中加入约 50 mL 稀 NaOH 溶液，再放入足量的铝屑。给溶液稍加热，2 min 后用倾析法倒出稀 NaOH 溶液，用蒸馏水把铝屑冲洗干净，干燥。称量铝屑的质量，将铝屑分为两份备用，质量比为 1 : 3。

(2) 在盛有 1 份铝的烧杯中加入适量稀硫酸，使铝屑反应至不再有气泡时趁热过滤；在盛有 3 份铝的烧杯中加入适量浓 NaOH 溶液，使铝屑反应至不再有气泡时趁热过滤。然后将两次过滤得到的滤液倒在一起。

(3) 用热蒸馏水洗涤反复洗涤反应液，至溶液的 pH 为 7~8。

(4) 如果时间允许，可以用晾干的办法干燥 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。由于 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 受热分解温度在 300 °C 左右，有条件也可以采用低温烘干的办法。

五、数据记录与处理

(1) 根据溶液变化和沉淀物的变化，理解铝盐的两性。

(2) 分别用“实验原理”中铝屑制取 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的三种方案来制备 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ，根据酸碱用量及 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 产量，定性分析出最佳方案。

(3) 观察 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的性状。

六、思考题

(1) 原料的选择以原料是否易得、价格是否便宜为原则。

(2) 制备方案遵循的原则是原料廉价，原理绿色，条件优化，仪器、操作简单，分离方便，实验室容易提供所需的条件。

学生可对照以上标准找出自己实验的优点和缺点。



测一测 扫一扫

课程思政

攀钢实现普通高炉冶炼高钛型钒钛磁铁矿 ——开创冶金行业世界先河

为解决用普通大型高炉冶炼高钛型钒钛磁铁矿的世界性难题，1964年，冶金部汇聚全国钢铁领域科技力量，组成了攀枝花钒钛磁铁矿高炉冶炼试验组。从1964年到1967年，试验组辗转承德、西昌、北京等地，创造性地开展了1 000多次试验。1970年7月1日，攀钢集团有限公司第一炉铁水顺利“分娩”，开启了用普通大型高炉冶炼高钛型钒钛磁铁矿的世界先河，实现了高钛型钒钛磁铁矿从无法冶炼到工业生产的跨越。



拓展阅读

鲁班造锯 ——世上无难事，只怕有心人

相传有一次鲁班进深山砍树木时，一不小心脚下一滑，手被一种野草的叶子划破了，渗出血来，他摘下叶片轻轻一摸，原来叶子两边长着锋利的齿，他用这些密密的小齿在手背上轻轻一划，居然割开了一道口子。齿状的工具能很快地锯断树木，鲁班受这件事启发，经过多次试验，终于发明了锋利的锯子，大大提高了工作效率。

鲁班的发明有很多，每一项发明都是鲁班在生产实践中得到启发，经过反复研究、试验得到的。勤奋刻苦，巧思创新，精益求精是鲁班精神，也是我们应传承的职业精神。

