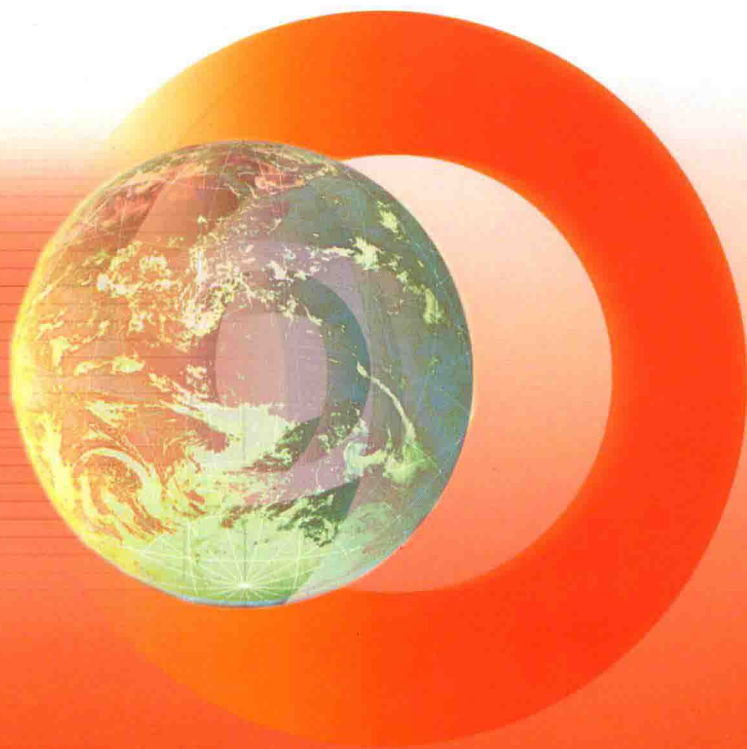




高等学校“十二五”实验实训规划教材

选矿学实验教程

赵礼兵 贾清梅 王伟之 李凤久 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



高等学校“十二五”实验实训规划教材

选矿学实验教程

赵礼兵 贾清梅 王伟之 李凤久 编著

北京

冶金工业出版社

2012

内 容 提 要

本教材是选矿专业实验用教材,主要介绍了矿物加工工程专业实验用的一些常规仪器、设备以及使用方法和步骤。实验内容包括物料物性分析、破碎与磨矿实验、磁电分选实验、重力分选实验、物料的浮游分选实验、化学选矿实验、非金属材料深加工实验、实验室可选性实验、矿石检测方法和实验数据的处理和实验设计。

本书可作为高等院校矿物加工工程专业的本科生、研究生实验教材,也可作为矿物加工工程技术人员和实验人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

选矿学实验教程/赵礼兵等编著. —北京:冶金工业出版社, 2012. 5

高等学校“十二五”实验实训规划教材

ISBN 978-7-5024-6062-4

I. ①选… II. ①赵… III. ①选矿—实验—高等学校—教材
IV. ①TD9—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 202553 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 王之光 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6062-4

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2012 年 5 月第 1 版, 2012 年 5 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 15.25 印张; 362 千字; 233 页

32.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

《选矿学实验教程》是河北省精品课程“选矿学”的配套实验教材。该教材不仅包括验证性实验和单项性实验，还包括综合性、设计性、研究性实验。

本书主要介绍了矿物加工工程专业实验用的一些常规仪器、设备以及其使用方法和步骤。实验内容包括物料物性分析、破碎与磨矿实验、磁电分选实验、重力分选实验、物料的浮游分选实验、化学选矿实验、非金属材料深加工实验、实验室可选性实验、矿石检测方法、实验数据的处理和实验设计。

参加《选矿学实验教程》初稿编写的有赵礼兵（第二章、第六章、第十章）、贾清梅（第四章、第八章、第九章）、王伟之（第一章、第五章）、李凤久（第三章、第七章）。最后由张锦瑞教授和赵礼兵系主任进行统稿。

由于作者水平所限，书中有不妥之处，恳请读者批评指正。

作 者
2012年3月

目 录

第一章 物料物性分析	1
实验 1-1 粒度分析实验	1
实验 1-2 块状物料密度测定	2
实验 1-3 粒度分析实验——沉降天平法	4
实验 1-4 粉状物料密度测定	8
实验 1-5 堆密度	11
实验 1-6 摩擦角测定	12
实验 1-7 堆积角测定	13
实验 1-8 矿石可磨度测定	15
实验 1-9 物料水分测定	17
实验 1-10 硬度系数 (f 值) 测定	18
实验 1-11 粉体白度测定	21
实验 1-12 黏度测定实验	23
实验 1-13 比磁化系数的测定	25
第二章 破碎与磨矿	29
实验 2-1 磨矿动力学实验	29
实验 2-2 磨矿介质运动状态实验	30
实验 2-3 磨矿浓度实验	31
实验 2-4 破碎机产品粒度组成测定	32
第三章 磁电分选实验	34
实验 3-1 强磁性矿石的湿式弱磁选实验	34
实验 3-2 强磁性矿石的磁性分析	35
实验 3-3 磁系模拟实验	36
实验 3-4 弱磁性矿石湿式强磁选实验	39
实验 3-5 强磁性铁精粉的电磁精选机实验	41
第四章 重力分选实验	43
实验 4-1 测定矿粒在静止介质中的自由沉降末速计算矿粒的形状系数	43
实验 4-2 矿粒群干涉沉降实验	45
实验 4-3 水析实验	46

实验 4-4	旋流水析仪分级实验	48
实验 4-5	连续水析器实验	49
实验 4-6	跳汰分选实验 (一)	51
实验 4-7	跳汰分选实验 (二)	53
实验 4-8	非对称曲线跳汰选矿实验	54
实验 4-9	摇床分选实验 (一)	56
实验 4-10	摇床分选实验 (二)	58
实验 4-11	摇床分选实验 (三)	60
实验 4-12	螺旋溜槽选矿实验	61
实验 4-13	离心机选矿实验	62
实验 4-14	跳汰床层松散度的测定	64
第五章	物料的浮游分选	66
实验 5-1	湿润接触角的测定	66
实验 5-2	用流动电位测定矿表面的电动电位	68
实验 5-3	硫化矿 (黄铜矿) 浮选实验	70
实验 5-4	硫化矿 (铅锌矿) 浮选实验	71
实验 5-5	非硫化矿浮选实验	72
实验 5-6	萤石浮选实验	73
实验 5-7	磷灰石浮选实验	74
实验 5-8	浮选闭路流程实验	75
实验 5-9	实验室连续浮选实验	80
第六章	化学选矿	84
实验 6-1	赤铁矿的磁化焙烧	84
实验 6-2	氧化铜矿的浸出	85
实验 6-3	铜电解沉积实验	86
实验 6-4	硫酸铜溶液萃取	88
第七章	非金属材料深加工	91
实验 7-1	搅拌磨超细粉碎实验	91
实验 7-2	振动磨超细粉碎实验	94
实验 7-3	气流磨超细粉碎实验	96
实验 7-4	高压辊式磨机粉碎实验	98
实验 7-5	非金属材料的超细分级实验	100
实验 7-6	非金属材料表面改性实验	102
实验 7-7	石灰的制备和石灰性能的测试	103
实验 7-8	石膏的基本性能测试	106
实验 7-9	硅酸盐水泥的制造实验	109

实验 7-10 水泥的基本性能测定	113
实验 7-11 陶瓷高温烧成实验	117
实验 7-12 比面积的测定	123
第八章 实验室可选性实验	127
实验 8-1 重选可选性实验	127
实验 8-2 磁选可选性实验	128
实验 8-3 浮选综合实验	130
实验 8-4 某铁矿磁选实验研究	134
实验 8-5 内邱硫铁矿石硫、铁综合回收选矿实验研究	139
第九章 矿石检测方法	145
实验 9-1 化学分析样品制备	145
实验 9-2 分析化学通则与样品预处理	146
实验 9-3 全铁的测定	148
实验 9-4 亚铁的测定	153
实验 9-5 可溶铁的测定	154
实验 9-6 二氧化硅的测定	156
实验 9-7 五氧化二磷的测定	159
实验 9-8 硫的测定	163
实验 9-9 多元素同时测定	167
实验 9-10 铁矿石物相分析	170
实验 9-11 X 射线衍射物相分析	174
实验 9-12 红外光谱测试	176
实验 9-13 原子吸收光谱测试	179
实验 9-14 X 射线光电子能谱检测	181
实验 9-15 扫描电镜测试	184
实验 9-16 透射电镜测试	186
第十章 实验数据的处理和实验设计	190
10.1 实验数据处理和实验设计的意义	190
10.2 实验数据的精准度	191
10.3 有效数字和实验结果的表示	192
10.4 实验结果的计算和评价	198
10.5 实验数据的误差分析	203
10.6 实验方案设计方法	212
10.7 实验报告的编写	229
参考文献	233

第一章 物料物性分析

实验 1-1 粒度分析实验

一、实验目的

- (1) 学会使用标准套筛，掌握粒度分析方法；
- (2) 学会粒度分析数据处理及绘制粒度特性曲线。

二、实验原理

用筛分的方法将物料按粒度分成若干级别的粒度分析方法，称为筛分分析。

在选矿实验中，一般遇到的试样粒度小于 100mm。对于小于 100mm 而大于 0.045mm 的物料，通常采用筛析法测定粒度组成。其中 100 ~ 6mm 物料的筛析，属于粗粒物料的筛析，采用钢板冲孔或铁丝网编成的手筛来进行；粒度范围为 6 ~ 0.045mm 的细粒物料，筛分分析通常是在实验室中利用标准实验筛进行。

三、仪器设备及物料

仪器设备：标准套筛 1 套，天平 1 台，取样用具 1 套，秒表 1 块。

实验物料：筛析试样为铁矿石，粒度 2 ~ 0mm。

四、实验步骤

1. 取试样

根据待分析物料性质取出有代表性的试样 100g。

2. 干法筛分

(1) 根据试料粒度范围，选取所需孔径标准筛（筛子选用范围应尽量使布点均匀）。

(2) 检查所选筛子筛网是否完好，然后将套筛按筛孔尺寸大小，自上而下逐渐减小的顺序装好（注意顺序不要颠倒），并置于接料盘上。

(3) 将取好待筛的物料倒到最上层筛上，加盖后放到振筛机上。启动振筛机开关同时计时。

(4) 振动 10 ~ 15min，然后将筛子取出，用手筛方法自上而下一个一个检查是否达到筛分终点（为节省时间，可只检查最细一层筛子）。如 1min 之内，筛下物料量小于筛上量的 1%，可认为筛分合格，否则继续筛析。

(5) 检查筛分后，将每层筛上、筛下产品分别称重（总损失率不得超过 1% ~ 2%，

否则重新实验)。

五、数据处理

(1) 将筛析各产品的质量填入表 1-1 中, 并按照表中要求计算出各级别产率和累积产率。

表 1-1 实验结果

试样名称:		试样质量 (g):		
粒 度		质量/g	个别产率 $\gamma/\%$	累计产率 $\Sigma\gamma_i/\%$ (从粗到细)
网 目	mm			
合 计				

按下式计算试样质量:

$$\text{试样质量} = \frac{\text{试样质量} - \text{筛析后各级别质量之和}}{\text{试样质量}} \times 100\%$$

(2) 根据表 1-1 中数据, 绘制粒度特性曲线:

1) 绘制直角坐标的粒度特性曲线, 即累积产率和粒度的关系曲线:

$$\Sigma\gamma_i = f(d_i)$$

2) 绘制半对数坐标粒度特性曲线, 即累积产率和粒度的对数关系曲线:

$$\Sigma\gamma_i = f(\lg d_i)$$

3) 绘制全对数粒度特性曲线:

$$\lg \Sigma\gamma - \lg d_i$$

六、思考题

1. 什么是粒度特性曲线?
2. 什么是筛上累积产率? 什么是筛下累积产率?

实验 1-2 块状物料密度测定

一、实验目的

- (1) 充分理解密度的概念及意义;
- (2) 掌握大块物料密度的测定原理及方法。

二、实验原理

物料的质量和其体积的比值, 即单位体积的某种物料的质量, 称做这种物料的密度。

用符号 ρ 表示, 单位按国际单位制为 kg/m^3 , 常用单位还有 g/cm^3 。

矿石的密度是由物料的矿物组成和其结构决定的。当物质的化学组成一定时, 由其密度可判断其中的主要矿物组成及矿物加工的方法, 有时还可据此判断一些晶相的晶格常数。

大块物料的密度可以采用最简单的称量方法进行测量, 即先将大块物料在空气中称量, 再浸入液体中称量, 然后计算出物料密度。很显然, 物料块在液体中所受到的浮力 ($V\rho_0$) = 物料块在空气中的质量 - 物料块在液体中的质量, 这样由浮力定律就可以求出物料的体积。根据密度的定义, 物料在空气中的质量与该体积之比即为所测块物料的密度。

三、仪器设备及物料

仪器设备: 精度 0.01 ~ 0.02g 天平 1 台, 2000mL 烧杯 1 个, 电鼓风干燥箱 1 台, 自制盛料金属丝小笼子若干, 测量装置如图 1-1 所示。

实验物料: 待测块状物料若干块。

四、实验步骤

- (1) 将物料块清洗干净, 并在 $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 进行干燥。
- (2) 用一尽可能细的金属丝挂钩将金属小笼子挂在天平梁上。
- (3) 称量小笼子在空气中的质量。
- (4) 将待测料块放入的金属小笼子中。
- (5) 称量料块和金属小笼子在空气中的质量。
- (6) 将金属小笼子放入盛满水 (介质一般用水, 也可用其他介质) 的烧杯中 (小笼子要全部浸入水中)。
- (7) 称量金属小笼子在介质中的质量。
- (8) 将装有料块的金属小笼子放入盛满水的烧杯中。
- (9) 称量料块和金属小笼子在介质中的质量。
- (10) 计算测量料块的密度, 密度的计算公式为:

$$\rho = \frac{G_3 - G_1}{(G_3 - G_1) - (G_4 - G_2)} \cdot \Delta \quad (1-1)$$

式中 ρ ——块状物料密度;

G_1 ——金属小笼子在空气中的质量;

G_2 ——金属小笼子介质中的质量;

G_3 ——料块和金属小笼子在空气中的质量;

G_4 ——料块和金属小笼子介质中的质量;

Δ ——介质密度。

- (11) 重复上述测量步骤继续测量, 得到密度测量值 $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n$ (由于被测料块结构可能不均一, 只测量一块误差很大, 应尽量多测量一些)。

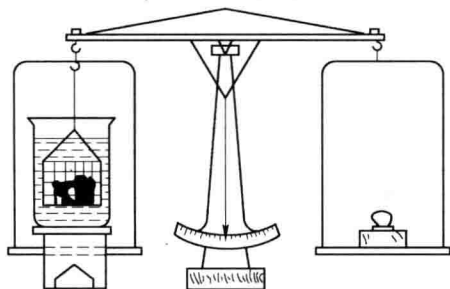


图 1-1 天平块状物料密度测定装置

(12) 将每次所测结果取平均值, 即

$$\delta = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \cdots + \delta_n}{n} \quad (1-2)$$

此平均值就是所测大块物料的密度。

五、数据处理

将块状物料密度测定结果填入表 1-2 中, 并计算结果。

表 1-2 块状物料密度测定结果

序号	G_1/kg	G_2/kg	G_3/kg	G_4/kg	$\delta/\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
1					
2					
3					
4					
⋮					
n					
平均值					

六、思考题

1. 密度的含义是什么?
2. 测定密度的意义是什么?

实验 1-3 粒度分析实验——沉降天平法

一、实验目的

- (1) 更好地了解粒度分析的方法;
- (2) 掌握沉降法中沉降天平的使用。

二、实验原理

沉降分析法是测定细粒物料 (一般小于 0.1mm) 粒度的常用方法, 其原理是通过测定粒子在适当介质中的沉降速度, 计算颗粒的尺寸。沉降天平正是利用此原理, 根据斯托克斯定律, 颗粒在沉降过程中, 在重力作用下自由沉降, 当颗粒沉降到一定高度 H 时, 所需时间 t 得到后, 即可算出沉降速度 v , 颗粒半径 r 也可求得:

$$r = \sqrt{\frac{18\eta H}{g(r_k - r_1)t}} \quad (1-3)$$

式中 r ——颗粒半径, mm;
 η ——沉降液黏度, Pa·s;

- r_k ——颗粒密度, g/cm^3 ;
 r_t ——沉降液密度, g/cm^3 ;
 H ——沉降高度, cm ;
 t ——沉降时间, s ;
 g ——重力加速度, $980\text{cm}/\text{s}^2$ 。

在实验中,以 $5\mu\text{m}$ 为沉降极限粒度,求得沉降时间后,将物料放入 500mL 烧杯的沉降液中进行沉降,求得沉降曲线,换算出颗粒大小及它们所占的比例。

三、仪器设备及物料

仪器设备:沉降天平、电动搅拌器各 1 台;500mL、250mL 烧杯各 2 个。

沉降天平如图 1-2 所示。

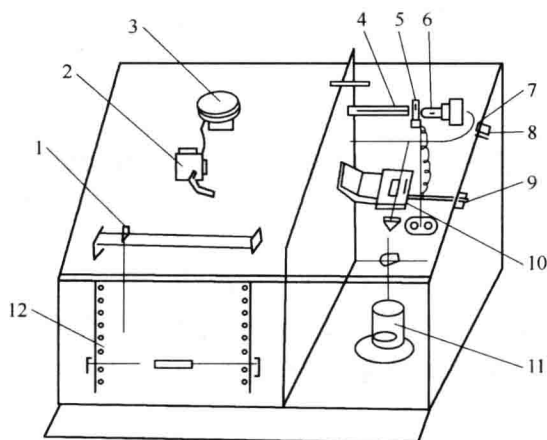


图 1-2 沉降天平

- 1—记录笔弹簧压片; 2—电磁吸铁(断电器); 3—线盘与棘轮; 4—聚光管; 5—遮光片;
 6—光敏管; 7—加载链条; 8—微调执手; 9—天平开关执手;
 10—支撑部; 11—沉降筒; 12—记录器

天平工作原理:

当颗粒在沉降筒内慢慢地沉降过程中,天平横梁开始向左面倾斜,天平的右面遮光片 5 在水平位置时阻止光敏管 6 受光,当横梁失去平衡,产生偏转,光敏管 6 受光,驱使断电器 2 动作,棘轮 3 搓过一齿,在横梁右边,加上一定距离的链条,此段链条的质量为 20mg。同时,线盘 3 使记录笔向右移动一格。此时,横梁恢复平衡,遮断光路。当第二次再沉降 20mg 时,再重复以上过程,这样偏转,平衡,使记录笔自动记录出阶梯状颗粒沉降曲线。

实验物料:冀东司家营赤铁矿石(对 $-44\mu\text{m}$ 占 86% 的原矿样用乳钵再研磨 5min)。

四、实验步骤

1. 天平起始平衡位置的校正

(1) 在 500mL 烧杯中,存满 H 高度的蒸馏水,将前秤盘放入烧杯中,然后打开电源,

将天平接到“平衡位置”。

(2) 开启横梁调整横梁的平衡位置，粗调可平衡重物于后边的秤盘中，微调可旋转右侧面板上的微调执手，使加载链条位置做前后移动，来达到天平平衡。

(3) 零点的平衡位置，尽可能接近于记录纸左端，若在中间，则不能自动记录沉降全过程。即在调平衡前，将记录笔打至记录纸左端。

2. 天平记录分度值校正

(1) 在天平起始平衡位置的基础上，在前掉耳上加上与“砝码秤盘”相同质量的砝码，使天平平衡。

(2) 检验方法：在“砝码秤盘”上加上 2g 砝码，将开关放在“平衡位置”开启天平，看加载部分是否自动记录 100 格。

(3) 天平感量调节：移动指针上的感量圈及横梁上的感量球。

3. 配 0.2% 分散剂（水玻璃）

将称取的 4g 矿样放入 200mL 的 0.2% 的水玻璃溶液中，用电动搅拌机充分搅拌 30min。

4. 天平的操作

(1) 把秤盘迅速放入经搅拌好的悬浮液中，迅速地用砝码及微调机构来校正天平的平衡位置，重复多次。为防止矿样沉降至秤盘上，影响平衡位置的调整，可用手直接把秤盘上下往复搅拌，挂好再调。

(2) 天平平衡调好后，马上将开关打入“工作”位置，让天平正常工作下去。

(3) 沉降至计算的终止时间后，关闭天平，用虹吸管将沉降筒内秤盘上端的悬浮液小心地抽出，然后把秤盘上的沉积物及悬浮液分别吸水后，放入烘箱内烘干，称重。

五、数据处理

1. 实验数据整理

试样：冀东司家营赤铁矿石

试样密度：3.26g/cm³；

总沉降时间：按 5μm 为沉降极限粒度，求得沉降时间；

沉降高度：6cm；

测定温度：

试样量：4g

烧杯直径：φ85mm

秤盘直径：φ60mm

秤盘内沉降末重：g

悬浮液末重：g

分散液加入量：1g

纸速：270mm/h

沉降时间：

按斯托克斯公式计算沉降时间：

$$t = 8 \times \eta H / [g(r_k - r_f)r^2] = H/5450(\rho_s - 1) \times r^2 \quad (1-4)$$

式中 η ——水的黏度，取 $\eta = 0.01 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ；

r_k ——矿密度， $r_k = \rho_s = 3.26 \text{ g/cm}^3$ ；

r_f ——水密度， $r_f = 1.0 \text{ g/cm}^3$ ；

r ——矿粒度， μm ，取 $r = 5(\sqrt{2})^i$ ， $i = 0, 2, 3, 4, 5$ 。

2. 沉降曲线

实验终止后，取下记录纸，连接各小阶梯顶点做曲线，应用沉降公式，计算一定颗粒粒度的沉降时间，按记录纸移动速度，在纵坐标上取相应各颗粒度坐标，通过各坐标点做平行线，与沉降曲线相交，过交点做曲线的切线，切线与横轴相交，即是各粒级的比例数值，做法如图 1-3 所示。

沉降曲线中沉降量是总沉降时间时，横坐标是格数。

3. 沉降量计算

(1) 盘以上悬浮液中分散剂含量

$$g_1 = g_{\text{玻}} \times [H / (H + H_i)]$$

式中 $g_{\text{玻}}$ ——加入分散剂量；

H ——沉降高度；

H_i ——秤盘底至沉降筒底的距离。

因沉降液吸水，烘干后，分散剂含量甚微，故此计算舍去。

(2) 介质真实悬浮量

$$\text{悬浮量} = (g_2 - g_1) \times \frac{\phi_{\text{盘}}}{\phi_{\text{筒}}} \quad (1-5)$$

式中 g_1 ——悬浮液末重；

g_2 ——悬浮液中分散剂含量，忽略不计。

$$\text{悬浮量} = \text{悬浮量} / (\text{悬浮量} + \text{秤盘内沉降末重}) \times 100\%$$

$$\text{总沉降量} = 100\% - x\%$$

按表 1-3 计算出各粒级沉降率。

表 1-3 粒级沉降率

分级粒度/ μm	+28.8	-28.8 ~ +20	-20 ~ +14.4	-14.4 ~ +10	-10 ~ +5	-5
沉降时间/s						
纵坐标格数						
横坐标格数						
占沉降/%						
占总沉降/%						

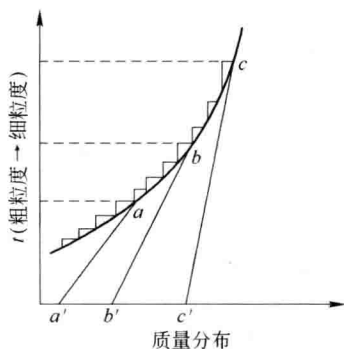


图 1-3 沉降曲线

4. 沉降曲线的分析与讨论

(1) 沉降曲线起始值的选择如图 1-4 所示。

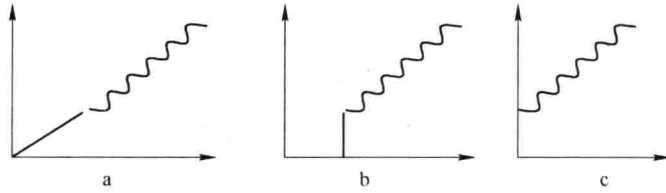


图 1-4 沉降曲线起始值的选择

a—平衡点太长，当接通工作开关时，已经有相当量的离子沉降到秤盘内，此时，后秤盘太轻；
 b—平衡点选择时，后秤盘太重，要在前秤盘上沉降一定量后才能正常工作；c—正常

(2) 要求按沉降的趋势，用曲线尺仔细、正确地修正其沉降曲线，以避免出现所做沉降曲线的切线误差。

六、思考题

1. 什么叫沉降天平？什么叫沉降曲线？
2. 如何利用沉降曲线计算试样各粒级的颗粒百分数？

实验 1-4 粉状物料密度测定

一、实验目的

- (1) 理解密度的概念及其在生产、科研中的作用；
- (2) 学会用比重瓶法测定粉体真密度的方法。

二、实验原理

粉状物料的密度是指粉状物料质量与其实体体积之比。所谓实体体积是指不包括存在于颗粒内部封闭空洞的颗粒体积。因此，如果粉状物料充分细，其密度的测定可采用浸液法和气体容积法进行测定。

浸液法是将粉末浸入在易于润湿颗粒表面的浸液中，测定其所排除液体的体积。此法必须真空脱气以完全排除气泡。真空脱气操作有加热法（煮沸）和抽真空法，或两法同时并用。浸液法又有比重瓶法和悬吊法。浸液法对浸液的要求有：(1) 不溶解试样；(2) 容易润湿试样的颗粒表面；(3) 沸点为 100℃ 以上，有低蒸气压，高真空下脱气时能减少发泡所引起的粉末飞散和浸液损失。对无机粉末状物料来说，符合上述条件的浸液可以采用二甲苯、煤油和水等。浸液法中，比重瓶法仪器简单、操作方便、结果可靠等优点。

气体容积法是以气体取代液体测定所排出的体积。此法排除了浸液法对试样溶解的可能性，具有不损坏试样的优点。但测定时受温度的影响，需注意漏气问题。气体容积法分为定容积法与不定容积法。

定容积法：对预先给定的一定容积进行压缩或膨胀，测定其压力变化。然后求出密闭

容器的体积,从装入试样时与不装试样时体积之差,可求得试样的体积。由于只用流体压力计测定压力,所以很简单,但不易使水银面正确的对齐标线。

不定容积法:为了省去对齐标线的麻烦,把水银储存球位置固定在上、下两处。因为压缩或膨胀的体积并不恒定,所以读取流体压力计读数时,同时也就测出粉状物料的密度。

矿物加工实验中通常采用比重瓶法测量矿物粉体的密度。

根据阿基米德原理,将待测粉状物料浸入对其润湿而不溶解的浸液中,抽真空排除气泡,求出粉末试样从已知容量的容器中排出已知密度的液体量,就可计算粉末的密度。计算式如下:

$$\rho = \frac{G\rho_0}{G_1 + G - G_2} \quad (1-6)$$

式中 ρ ——试样密度, kg/m^3 ;

G ——试样干重, kg ;

G_1 ——瓶、水合重, kg ;

G_2 ——瓶、水、样合重, kg ;

ρ_0 ——介质密度, kg/m^3 。

三、仪器设备及物料

仪器设备:50~100mL 比重瓶 1 个(见图 1-5),电热干燥箱 1 台,干燥器 1 个,精度 0.001g、称量范围 200g 电子天平 1 台,电磁微波炉 1 台,250mL 烧杯 2 个,漏斗 1 个,真空抽气装置 1 套(真空泵、压力计、真空抽气缸、保护罩等)。

实验物料:待测粉状物料约 100g。

四、实验步骤

(1) 将比重瓶先用热洗液洗去油污,然后用自来水冲洗,最后用蒸馏水洗净。

(2) 将粉状物料放入容器,用干燥箱在 $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 进行干燥。

(3) 称取经干燥的试样 20g 左右(不超过比重瓶容积的 1/3)。

(4) 借助漏斗将试样小心倒入比重瓶内,并将附在漏斗壁上的试样扫入瓶中,切勿使试样飞扬或抛失。

(5) 向比重瓶中注入蒸馏水至其容积的 1/2,并摇动比重瓶使试样分散。

(6) 将比重瓶和装有实验用蒸馏水的烧杯同时置于真空气缸中进行抽气,其缸内残余压力不得超过 2cm 水银柱,抽气时间不得少于 1h(为了完全除去比重瓶中的气泡,也可在抽真空的同时将比重瓶置于 $60 \sim 70^\circ\text{C}$ 的热水中,使水沸腾,然后再冷却到室温下进行称量)。

(7) 取出比重瓶用经抽气的蒸馏水注入比重瓶至近满,并放置比重瓶于恒温水槽内,待瓶内浸液温度稳定。

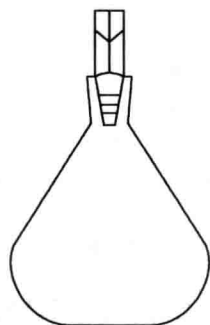


图 1-5 比重瓶示意图

(8) 将比重瓶的瓶塞塞好,使多余的水自瓶塞毛细管中溢出,擦干瓶外的水分后,称量瓶、水、样合重 G_2 。

(9) 将比重瓶中样品倒出,洗净比重瓶。

(10) 用经过抽气的蒸馏水注入比重瓶至近满,塞好瓶塞,擦干瓶外水分,称量瓶、水合重 G_1 。

(11) 按式(1-6)计算所测物料密度。

(12) 重复上述操作进行下一次测量;密度测定需平行测3~5次,求其算术平均值作为最终结果,计算时取两位小数,其两个平行实验结果差值不得大于0.02。如果其中有两个以上的数据超过上述误差范围时,应重新取一组样品进行测定。

五、数据处理

将实验测定的结果整理、计算并填入表1-4中。

表1-4 粉状物料密度测定结果

序号	试样重 G/kg	瓶+水合重 G_1/kg	瓶+水+样合重 G_2/kg	介质密度 ρ_0	物料密度 ρ
1					
2					
3					
4					
5					
平均					

六、思考题

1. 什么是粉状物料的密度?
2. 比重瓶法测定粉状物料密度的原理是什么?

附注:

矿物加工中,测量矿石密度时,浸液一般选用蒸馏水;水在4℃时密度为1kg/m³,20℃时密度为0.998232kg/m³,在其他温度下的密度可查表1-5,但当对精度要求不高时可近似地认为等于1。

表1-5 不同温度下水的密度

温度 $t/^\circ\text{C}$	密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	温度 $t/^\circ\text{C}$	密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
0	0.999868	6	0.999968
1	0.999927	7	0.999929
2	0.999968	8	0.999876
3	0.999992	9	0.999809
4	1.000000	10	0.999728
5	0.999992	11	0.999632