

油气勘探与开发实验教学中心实践教学指导系列丛书

石油工程 实验指导书

■ 主 编 李春兰

Experiment Instruction Book
Of Petroleum Engineering

中国石油大学出版社

■ 油气勘探与开发实验教学中心实践教学指导系列丛书

石油工程实验指导书

李春兰 主编

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

石油工程实验指导书/李春兰主编. —东营:中国石油
大学出版社, 2009. 5

ISBN 978-7-5636-2330-3

I. 石… II. 李… III. 石油工程—实验—高等学校—教
学参考资料 IV. TE—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 073064 号

中国石油大学(北京)规划教材

书 名: 石油工程实验指导书

作 者: 李春兰

责任编辑: 刘 洋 王金丽(电话 0532—86981531)

封面设计: 赵志勇

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 青岛星球印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981532, 0546—8392563)

开 本: 185×260 印张: 6.75 字数: 154 千字

版 次: 2009 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 10.00 元

前言

PREFACE



本书主要作为石油工程专业、地质工程专业本科生和研究生实验指导教材,也可供从事开发、钻井类实验工作的工程技术人员和实验员参考。

石油工程专业本科生专业课涉及实验的课程共有五门:油层物理、渗流力学、采油工程、油气田开发和油气井工程。全书相应地分为五章:第一章为油层物理实验,介绍了储层及流体物性的测定方法、原理和操作步骤;第二章为渗流力学实验,即根据水电相似原理,用电场模拟渗流场;第三章为采油工程实验,介绍了抽油机工作原理、示功图测定、裂缝导流能力测定实验;第四章为油气田开发实验,讲述了油田开发中的常规实验、聚合物基本性能评价等内容;第五章为油气井工程实验,介绍了钻井液、水泥浆、完井液的性能评价,岩石物性参数测定等实验内容。

本书第一、第二、第三章及第四章第一、第二、第三节由李春兰编写;第四章第四节由高旺来编写,第五、第六节由曹仁义编写,第七节由刘新光编写;第五章第一、第二、第三、第四节由李志勇编写,第五节由宋执武编写,第六、第七节由周劲辉编写,第八、第九节由郑力会编写。全书由李春兰修改、统编完成。

在编写本书的过程中,刘慧卿教授、杨胜来教授、张士诚教授和程林松教授提出了很多宝贵意见和建议,郭小哲老师做了部分文字工作,在此一并表示感谢。

本书的编写参考了前人已出版的有关实验教材和教科书,以及有关的行业标准。所涉及的参考文献在书后一一列出,在此也向文献作者表示深深的感谢。

由于编者水平有限,书中难免会有缺点和错误,恳切希望读者指正。

编者

2009年4月

目 录

CONTENTS



第一章 油层物理实验	1
第一节 岩石孔隙度的测定	1
第二节 岩石渗透率的测定	3
第三节 岩石比面积的测定	6
第四节 岩石碳酸盐含量的测定	8
第五节 界面张力的测定	10
第六节 岩心流体饱和度的测定	16
第七节 液体粘度的测定	20
第八节 地层油高压物性的测定	23
第九节 气体压缩因子的测定	25
第二章 渗流力学实验	27
第一节 相似三定理	27
第二节 水电模拟的基本原理	29
第三节 水电模拟实验装置	31
第四节 平面径向稳定渗流实验	33
第五节 镜像反映实验	36
第六节 直井井网系统实验	39
第七节 底水锥进实验	40
第八节 水平井及直井-水平井联合井网实验	41
第三章 采油工程实验	45
第一节 抽油井教学培训系统简介	45
第二节 抽油泵泵效实验	49
第三节 示功图测定及工况判断	50
第四节 裂缝导流能力测定实验	52
第四章 油气田开发实验	55
第一节 敏感性评价实验	55
第二节 油水相对渗透率测定	59
第三节 油藏岩石润湿性测定	69

第四节 毛管压力曲线测定 73
 第五节 高分子聚合物溶液流变曲线测定 77
 第六节 聚合物驱残余阻力系数测定 80
 第七节 多孔介质中稳定泡沫的封堵性能实验 83
第五章 油气井工程实验 87
 第一节 聚合物钻井液的制备、评价及维护实验 87
 第二节 钻井液中膨润土含量的确定 88
 第三节 水泥浆稠化时间测定 89
 第四节 水泥浆流变性测定 91
 第五节 岩石硬度的测定实验 92
 第六节 岩石可钻性的测定实验 94
 第七节 钻井过程模拟实验 96
 第八节 无固相完井液的配制及评价实验 97
 第九节 完井液对岩心渗透率损害评价实验 98
参考文献 99



第一章 油层物理实验

第一节 岩石孔隙度的测定

岩石的孔隙度分为有效孔隙度和绝对孔隙度。下面所说的孔隙度均为有效孔隙度。有效孔隙度的测定一般是先测出岩样的骨架体积或孔隙体积,再测出岩样的视体积,由此计算出岩样的有效孔隙度。

常用的孔隙度测定方法有气体法、煤油法和加蜡法。

一、气体法

(一) 实验目的

- (1) 掌握测定岩样孔隙度、骨架体积及岩样外表体积(即视体积)的原理。
- (2) 学会使用气体法测定岩样孔隙度。

(二) 实验原理

气体法测定孔隙度的原理是气体波义耳-马略特定律,其原理示意图如图 1-1 所示。

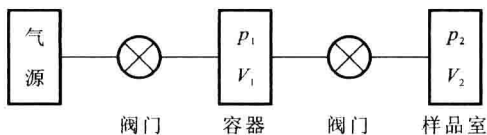


图 1-1 气体法测定孔隙度原理示意图

设容器的体积为 V_1 , 样品室体积为 V_2 , 在样品室中放一体积为 V_r 的钢块, 容器中充满压力为 p_1 的气体, 样品室压力为大气压力 p_2 。打开阀门, 容器与样品室连通。压力平衡后, 整个系统的压力为 p_x 。根据波义耳-马略特定律, 有:

$$p_1 V_1 = p_x (V_1 + V_2 - V_r)$$

整理可得:

$$V_r = V_1 + V_2 - p_1 V_1 \frac{1}{p_x}$$

即放入样品室的钢块体积 V_r 与 $1/p_x$ 呈线性关系。

样品室中放置不同体积的钢块, 可得到钢块体积与系统压力的关系曲线, 称为标准曲线。然后, 将样品室中的钢块换成待测岩样, 可得到连通后的系统压力, 根据此压力从标准曲线上可查到对应的体积, 即为岩样的骨架体积。通过其他测量手段, 可以测出岩样的视体积, 从而求出岩样的孔隙度 ϕ 。

(三) 仪器设备

气体孔隙度测定仪。如图 1-2 所示。

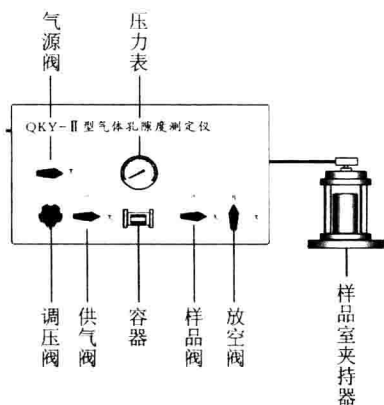


图 1-2 气体孔隙度测定仪

(四) 操作步骤

- (1) 逆时针旋转气瓶阀门, 打开气瓶开关。注意: 打开气瓶开关前, 除放空阀外, 其他阀门均应处于关闭状态。
- (2) 顺时针旋转气瓶减压阀开关, 气瓶出口压力调至 1.0 MPa 左右。
- (3) 打开气源阀和供气阀。
- (4) 顺时针旋转调压阀, 将压力调至 0.3~0.4 MPa。
- (5) 关闭供气阀。
- (6) 逆时针旋转样品室夹持器把手, 取出样品室, 装入一标准钢块 (共有四个标准钢块, 厚度分别为 1, 1/2, 3/8, 1/8 in, 1 in=2.54 cm), 将样品室装入夹持器, 顺时针旋紧夹持器把手。
- (7) 关闭放空阀, 打开样品阀, 使容器与样品室连通。记录钢块体积和系统压力。
- (8) 打开放空阀, 关闭样品阀, 更换钢块。
- (9) 打开供气阀, 然后关闭。
- 重复步骤(5)~(9), 得到不同钢块体积所对应的系统压力, 绘制钢块体积与系统压力关系曲线。
- (10) 将待测岩样放入样品室, 测量对应的系统压力 p_s , 然后从标准曲线上查出所对应的横坐标值, 即为岩样的骨架体积 V_s 。
- (11) 利用游标卡尺测量岩样直径和长度, 计算岩样视体积 V_i 。
- (12) 关闭气瓶开关, 将所有物品放回原位, 实验完毕。

(五) 数据记录及处理

1. 数据记录

岩样直径: _____; 岩样长度: _____。

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	岩 样
钢块体积 /cm ³									
系统压力 /MPa									

2. 数据处理

根据数据记录表中的数据绘制钢块体积与系统压力的关系曲线, 从曲线上读出岩样



的骨架体积。

岩样孔隙度：

$$\phi = \frac{V_t - V_n}{V_t} \times 100\% \quad (1-1)$$

(六) 注意事项

此实验受温度和压力的影响,故测完标准曲线后,应紧接着做待测样品实验。

二、煤油法

(一) 测量原理

将干岩样抽真空后饱和煤油,将饱和煤油的岩样悬挂于煤油中称重,再将饱和煤油的岩样在空气中称重。空气中的质量与在煤油中的质量差,除以煤油的密度,即为岩样的视体积。

饱和煤油的岩样在空气中的质量与干岩样的质量差,除以煤油的密度,则得到岩样中饱和煤油的体积,即岩样的有效孔隙体积。

岩样的有效孔隙体积除以岩样的视体积即得到岩样的有效孔隙度。

(二) 设备流程

实验设备主要用于将岩样抽真空并饱和煤油。设备流程如图 1-3 所示。

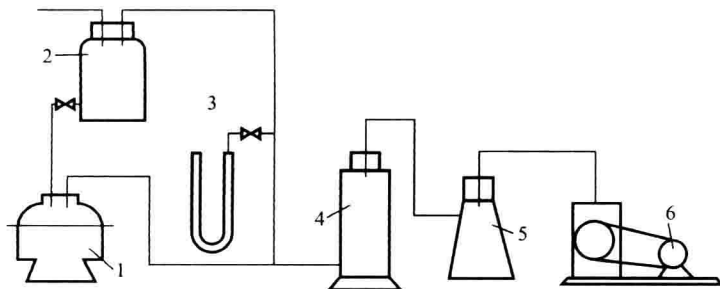


图 1-3 抽真空饱和煤油流程图

1 真空干燥器; 2 饱和溶液瓶; 3 真空表; 4 干燥塔; 5 吸滤瓶; 6 真空泵

第二节 岩石绝对渗透率的测定

渗透率是衡量岩石允许流体通过能力的指标。测定岩石渗透率通常以干燥的氮气为标准气体。

岩性均匀、胶结程度好的坚硬岩石,应制成一定形状的岩样;胶结性差、易碎的岩样,应用塑料、锡箔或其他方法进行封装,加以支撑保护,然后再进行测定。

下面介绍两种常用的渗透率测定方法。

一、流量计法

(一) 实验目的

(1) 掌握岩石渗透率测定的原理和方法。



(2) 掌握克氏渗透率的测定方法。

(二) 实验原理

气体以一定流速通过岩样时,在岩样两端建立压差,根据岩样两端的压差和气体的流速,利用达西定律即可求出岩样的渗透率。

$$K = \frac{\mu Q_a p_a L}{5A(p_1^2 - p_2^2)} \quad (1-2)$$

式中, Q_a 为绝对大气压下的气体体积流速, cm^3/s ; A 为岩样截面积, cm^2 ; L 为岩样长度, cm ; μ 为气体粘度, $\text{mPa} \cdot \text{s}$; p_a, p_1, p_2 分别为大气压力、岩样上游及下游压力, MPa ; K 为渗透率, μm^2 。

(三) 仪器设备

气体渗透率测定仪。如图 1-4 所示。

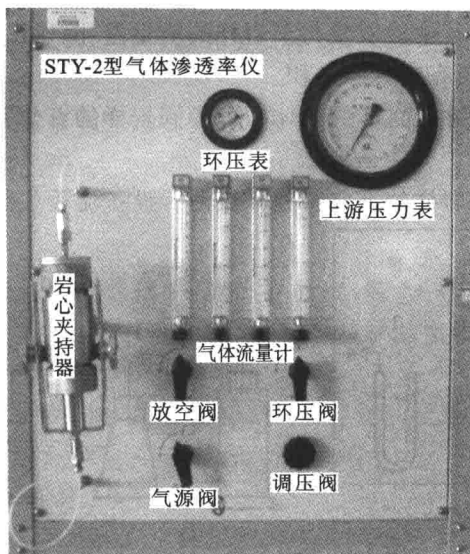


图 1-4 气体渗透率测定仪

(四) 操作步骤

- (1) 记录下列数据:岩样编号、长度、直径。
- (2) 将最大量程流量计打开,其他关闭(注意:先开后关)。
- (3) 慢慢转动岩心夹持器上的左右手轮,取出夹持器下方的堵头,将岩样装入岩心夹持器,装好堵头,并旋紧手轮。
- (4) 慢慢打开环压阀,将环压调至 1.0 MPa 左右。
- (5) 打开气源阀。
- (6) 顺时针旋转调压阀,同时密切观察上游压力表指针和流量计浮子读数变化。随着压力的增加,若浮子上升太快,逆时针旋转调压阀将上游压力降至零,更换较大流量计(注意:先开后关);若浮子上升太慢或没有反应,将上游压力降至零,更换较小流量计,重新加压。
- (7) 待压力和流量稳定后,记录 p_1 和 Q_a 值。



(8) 实验结束后,先将上游压力降至零,然后缓慢打开放空阀。

(9) 待环压表指示为零时,取出岩样。

(10) 整理仪器,实验结束。

(五) 注意事项

切勿未装岩样加环压,以免损坏橡胶套。

二、流量管法

(一) 实验原理

流量管法基于下式来计算渗透率:

$$K = \frac{B\mu L}{TA} \quad (1-3)$$

式中, A 为岩样截面积, cm^2 ; L 为岩样长度, cm ; μ 为气体粘度, $\text{mPa} \cdot \text{s}$; T 为空气通过岩样的时间, s ; B 为流量管常数; K 为渗透率, μm^2 。

(二) 仪器设备

简易的渗透率测定仪如图 1-5 所示。仪器主要由两部分组成:

(1) 夹紧岩样用的岩心夹持器,它通过夹持器压帽上的丝杠压紧橡皮筒来夹紧其中的岩样,岩样顶端端面与大气相通。

(2) 插在水池内的测压流量管,通过吸水橡皮球可将流量管内的水面吸到不同的高度 h_0 以上,当吸水橡皮球停止吸气后,流量管内的水面从 h_0 自然下落。由于水面下降造成负压,在岩样两端便会建立起压差,外界空气则通过岩样顶部进入流量管,测量出流量管水面从刻度线 h_0 下降到刻度线 h_x 的时间 T ,便可应用公式(1-3)计算出岩样的渗透率。

流量管按直径分粗、中、细三段,每段都有 h_0 和 h_x 上下两条刻度线,可根据岩样渗透性的大小选用不同尺寸管段。

渗透性大的可选择粗直径管段,渗透性小的可改选细直径管段或中直径管段,选择的原则是:测得的时间 $T > 10 \text{ s}$ 。流量管三段的常数 B_1, B_2, B_3 是根据标准渗透率的岩块反求得到的,是恒定的仪器常数。

(三) 操作步骤

(1) 使水池水面与流量管下端的 0 刻度线在同一平面。

(2) 用游标卡尺量出岩样的长度和直径,算出岩样的截面积。

(3) 将岩样夹入岩心夹持器,岩样与夹持器之间应确保气体不能窜流。

(4) 用吸水橡皮球或其他真空源将流量管内水面吸到最细管段的刻度以上,停止抽吸后,用秒表记下流量管水面从刻度 h_0 下降到 h_x 的时间 T ,如果 $T < 10 \text{ s}$ 则改换中间管段,直至 $T > 10 \text{ s}$ 。将 T 值和相应的管段常数 B 代入式(1-3)便可算出渗透率。

空气粘度由表 1-1 查出。

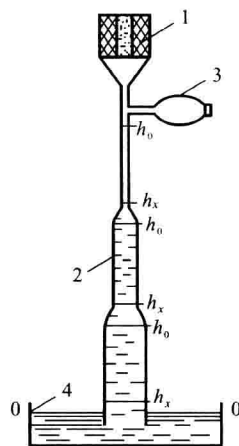


图 1-5 简易渗透率测定仪

1—岩心夹持器;2—测压流量管;

3—吸水橡皮球;4—水池



表 1-1 1 atm 下空气的粘度

单位: μP

温度/ $^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40
+0	171.8	176.8	181.8	186.6	191.4
+1	172.3	177.3	182.3	187.1	191.9
+2	172.8	177.8	182.8	187.6	192.4
+3	173.3	178.3	183.25	188.1	192.9
+4	173.8	178.8	183.7	188.6	193.3
+5	174.3	179.3	184.2	189.1	193.8
+6	174.8	179.8	184.7	189.5	194.3
+7	175.3	180.3	185.2	190.0	194.7
+8	175.8	180.8	185.7	190.5	195.2
+9	176.3	181.3	186.2	191.0	195.7

注: $1\text{ atm} = 101\,325\text{ Pa}$, $1\text{ P} = 0.1\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 。

(四) 方法的优缺点

优点: 仪器简单, 测定快。

缺点: 不适用于低渗和特低渗岩样。

第三节 岩石比表面积的测定

岩石比表面积(简称比面)有三种定义方法: ① 单位视体积岩石中颗粒的总表面积(S); ② 单位骨架体积岩石中颗粒的总表面积(S_d); ③ 单位孔隙体积岩石中颗粒的总表面积(S_p)。三者存在以下关系:

$$S = S_d(1 - \phi) = S_p\phi$$

下面测定的是第一种定义的比表面积 S 。

(一) 实验目的

- (1) 掌握比面的测定方法。
- (2) 利用比面仪测定渗透率。

(二) 实验原理

测定比面所依据的公式如下:

$$S = 14\sqrt{\phi^3} \cdot \sqrt{\frac{A}{L}} \cdot \sqrt{\frac{H}{Q}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\mu}} \quad (1-4)$$

式中, ϕ 为岩样的孔隙度, 小数; A 为岩样截面积, cm^2 ; L 为岩样长度, cm ; μ 为室温下空气的粘度, P 。 H 为空气通过岩样稳定后的压差, cmH_2O , $1\text{ cmH}_2\text{O} = 98.0665\text{ Pa}$; Q 为通过岩样的空气流速, cm^3/s 。

从公式(1-4)不难看出, 当孔隙度已知, A 和 L 可以直接量出, μ 由查表得到后, 只要通过压力计测得空气通过岩样稳定后的压差 H 和相应的空气流速 Q , 便可算出岩样的比面。

(三) 仪器设备

比面仪主要由岩心夹持器、压差计和水罐组成。测定时打开排水开关, 水从水罐中流

出,罐内压力降低,空气经过岩样进入水罐内,待压差计两侧的水柱高度差不变时,进入水罐的空气体积等于排出水的体积。测定相应压差下水的体积流速,便可按公式(1-4)计算出岩样的比面。

比面测定原理如图 1-6 所示。

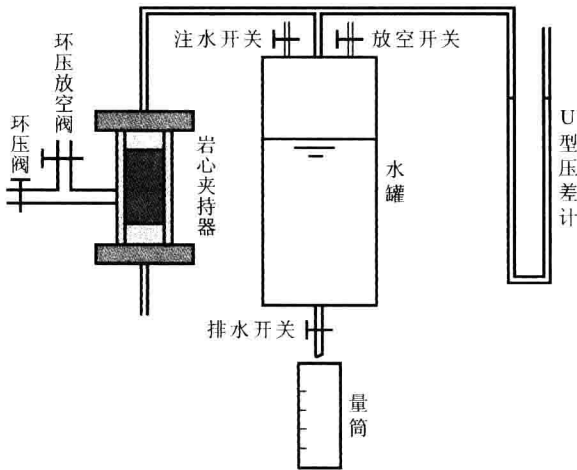


图 1-6 比面测定原理图

(四) 操作步骤

- (1) 烘干岩样。
- (2) 用游标卡尺测量岩样的长度和直径,算出岩样的截面积。
- (3) 打开放空开关和注水开关,向水罐内加水,大约加 2/3 即可,关闭放空开关和注水开关。
- (4) 将岩样放入岩心夹持器,关闭环压放空阀,打开环压阀,加 0.7~1.4 MPa 的环压。
- (5) 慢慢打开排水开关,开始流量控制得小一些,待压差计两端的压差稳定在某一高度 H 后,利用秒表和量筒测量水流出的体积流速。记录水柱高度差和水的体积流速。
- (6) 增大水的体积流速,用同样的方法至少测定三组数据(注:体积流速应从小到大变化)。
- (7) 关闭排水开关,打开放空开关,实验结束。

(五) 数据记录及处理

1. 数据记录

岩样直径: _____; 岩样长度: _____。

序 号	1	2	3
时间/s			
流出水的体积/cm ³			
压差计两侧水柱高度差/cm			
比面/(cm ² ·cm ⁻³)			

2. 数据处理

计算单位时间内流出的水的体积 Q ,将 Q 和相应的 H 代入公式(1-4),计算出岩样的



比面。用三次实验结果求算术平均值,得到岩样的比面。

(六) 思考题

说明本仪器的适用范围。

第四节 岩石碳酸盐含量的测定

常用的碳酸盐含量测定方法有两种:压力法和体积法,即将一定量的岩石粉末跟足量的盐酸进行分解反应,记录所产生的二氧化碳的压力或体积,从而计算出岩石中碳酸盐的含量。

一、压力法

(一) 实验目的

- (1) 了解压力法测定岩石碳酸盐含量的原理。
- (2) 熟悉仪器结构及其测定方法。

(二) 实验原理



从上面的化学反应方程式可以看出,样品中碳酸盐的含量与所产生的二氧化碳量成正比。当反应容器体积一定时,二氧化碳量与容器压力成正比。根据容器中二氧化碳压力便可求出碳酸盐含量。

(三) 仪器设备

压力法碳酸盐含量测定仪如图 1-7 所示。



图 1-7 压力法碳酸盐含量测定仪

(四) 操作步骤

- (1) 打开电源开关,预热半小时。
- (2) 测定标准 $p-w$ 关系曲线。



- ① 称取纯碳酸钙粉末 0.1 g 左右,放入样品伞。
- ② 将投样控制开关置于“ON”位置,将放有样品的样品伞插入反应杯盖下方的小孔中。
- ③ 用滴定管取质量分数为 10% 的稀盐酸 10 mL,放入反应杯中,将反应杯顺时针旋入反应杯盖。
- ④ 关闭放空阀,记录初始压力值 p_1 。
- ⑤ 将投样控制开关置于“OFF”位置,使样品伞落下,打开振动开关,顺时针旋转调速旋钮到合适的振动速度。
- ⑥ 观察压力变化,当压力稳定时,记录压力值 p_2 。
- ⑦ 将调速旋钮逆时针旋转至 0,关闭振动开关,打开放空阀。
- ⑧ 逆时针旋转取下反应杯,清洗反应杯和样品伞。
- ⑨ 再分别称取约 0.2,0.3,0.4,0.5 g 纯碳酸钙粉末,重复步骤②~⑧。
- ⑩ 绘制压力 $p(p=p_1-p_2)$ 与样品质量 w 关系曲线。

(3) 测定实际样品中的碳酸钙含量。

称取 0.5 g 实际岩样粉末放入样品伞,重复(2)中的步骤②~⑧,根据测得的压力 p ,由 $p-w$ 曲线查得实际岩样中的碳酸钙含量。

(五) 数据记录及处理

1. 数据记录

初始压力: _____;实际样品质量: _____。

序 号	1	2	3	4	5	实际样品
纯碳酸钙质量/g						
压力/kPa						

2. 数据处理

绘制压力与纯碳酸钙样品质量关系曲线,然后根据实际样品反应压力在曲线上查出实际样品中所含的碳酸钙质量,再计算碳酸钙含量。

(六) 注意事项

- (1) 反应时间充足。
- (2) 保证反应杯不漏气。

(七) 思考题

该实验的误差来源有哪些?

二、体积法

(一) 实验原理

使盐酸与碳酸盐起化学反应,测量反应后产生的 CO_2 气体体积。

测得 CO_2 气体体积后,利用下式计算岩样中的碳酸盐含量:

$$\eta = 1\,202 \frac{pV}{WT}$$

(1-5)

式中, η 为岩样中的碳酸盐含量; V 为反应产生的 CO_2 气体体积, mL; p 为实验时的大气



压力, MPa; W 为岩样质量, g; T 为 CO_2 气体的温度, K。

(二) 仪器设备

体积法碳酸盐含量测定仪如图 1-8 所示。

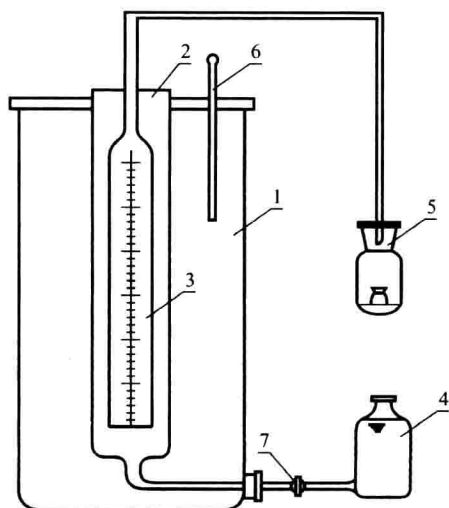


图 1-8 体积法碳酸盐含量测定仪

1—恒温水槽; 2—平衡管; 3—量气管; 4—平衡瓶; 5—反应瓶; 6—温度计; 7—阀门

(三) 操作步骤

(1) 打开阀门, 抬高平衡瓶, 用其中的食盐 (NaCl) 水溶液灌注量气管, 使盐水液面达到量气管的上部刻度处, 然后关闭阀门。

(2) 称取一定量的样品 (一般为 $0.2 \sim 2 \text{ g}$) 放入小杯内, 并将小杯置于盛有 $10 \sim 15 \text{ mL}$ 盐酸 (质量分数为 10%) 的反应瓶中。

(3) 待仪器部分的温度平衡后, 将阀门打开, 移动平衡瓶, 使量气管和平衡管工作液面持平, 记下在大气压力下量气管内液面的首次读数, 立即将阀门关闭。

(4) 摇动反应瓶, 使杯子翻倒, 让样品与盐酸充分反应, 生成 CO_2 气体, 直至作用完毕。反应停止约 15 min 后, 移动平衡瓶, 将平衡管中部分液体移入平衡瓶内, 重新使量气管和平衡管中的液面持平, 并记录在大气压力下量气管内的液面读数。反应前后量气管内两次读数之差就是 CO_2 气体体积 V 。

(5) 记下恒温水槽温度和气压计读数, 在实验过程中要特别注意调节反应瓶及水槽的温差, 一般不得超过 1°C 。

(四) 注意事项

(1) 读 CO_2 气体体积时, 量气管内外的液面必须持平, 以保证所测气体体积为大气压力下的体积。

(2) 分析时, 室内温度要稳定 (不要直接吹风), 恒温水槽中温度要均匀。

(3) 恒温水槽中的水最好用蒸馏水或者过滤后的自来水。

目前常采用的液-液或液-气界面张力测定方法有: 吊环法、气泡或液滴最大压力法、

旋滴法和悬滴法。

一、吊环法

(一) 实验目的

- (1) 掌握吊环法测定界面张力的原理。
- (2) 学会用吊环法测定界面张力。

(二) 实验原理

当白金丝吊环从两种液体界面脱开时,用扭称转角测量克服界面张力所需的力,这种方法称为吊环法。根据刻度盘示值计算界面张力的公式如下:

$$\sigma = pF \quad (1-6)$$

式中, σ 为试样的界面张力,dyn/cm, $1 \text{ dyn} = 10^{-5} \text{ N}$; p 为白金丝吊环脱开薄膜破裂时的刻度盘示值,dyn/cm; F 为由刻度盘示值换算的界面张力(dyn/cm)的换算系数,它可以按下式求得:

$$F = 0.7250 + \sqrt{\frac{0.01452p}{C^2(\rho_1 - \rho_2)}} + 0.04534 - \frac{1.679}{R/r} \quad (1-7)$$

式中, p 为刻度盘示值,dyn/cm; C 为白金丝吊环的圆周长,cm; ρ_1 为下层试样在 25°C 时的密度,g/cm³; ρ_2 为上层试样在 25°C 时的密度,g/cm³; R 为白金丝吊环的半径,cm; r 为白金丝的半径,cm。

(三) 仪器设备

吊环法界面张力仪如图 1-9 所示。

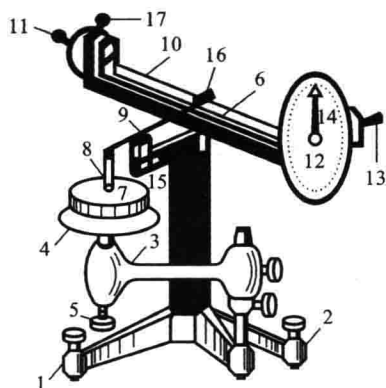


图 1-9 吊环法界面张力仪

- 1,2—调平螺丝; 3—升降臂; 4—升降平台; 5—升降微调旋钮; 6—制动螺钉; 7—试样容器;
8—吊环; 9—扭臂; 10—扭力丝; 11—螺旋; 12—刻度盘; 13—螺旋; 14—指针;
15—托架; 16—平衡块; 17—制动螺钉

(四) 操作步骤

(1) 所有要用的玻璃器皿均用石油醚或苯洗去残留油迹,再依次用丙酮、蒸馏水洗数次,然后浸在热的铬酸洗液中洗片刻,取出后再用水和蒸馏水洗净。

(2) 白金丝吊环先用石油醚或苯洗,再用丙酮冲洗,然后在煤气火焰氧化部(外焰)烧红后取出备用。