

今后必须作如下改进

1. 理想气体实际上是不存在的,目前用空气测定,其特点是方便,但在按理想气体计算时,有一定误差。为了提高精度,可将空气改作如氦(He)氮(N₂)等气体,但这将增加测定困难和涉及到仪器设备的进一步改进。

2. 提高气量管精度从现有级差 0.05ml 提高到 0.03, 精确度将会提高。

3. 增加压力, 现有试验最大压差为 250mm 不到 $\frac{1}{3}$ 个大气压, 显然, 压力太小。理论和实践证明, 其测定精度与压力成正比。

4. 可开展真空法气体孔隙率测定试验, 并行比较, 以验证其分析精度。在真空法中尤以

氮汞法和等体积法为主, 氮汞法精度较高但成本亦较高。

九、結 論

本法尚在试验之中, 有待进一步提高和改进, 与油浸法比较, 具有一定的优越性, 尤其是该仪器快速轻便, 适宜于在野外分析。但是值得指出的是在地质上的应用和解释, 还未经地质上验证, 今后应选择一个井段作系统的资料整理工作, 才能对本方法作出进一步的评价。

诚然, 本法尚在试验之中, 但可以作为今后的一个方向, 加于推广和提高。

不变压力气体孔隙率仪

(美) A. H. 哈姆

緒 論

在岩心分析中, 测定岩石的孔隙率是一件很重要的工作, 到目前为止, 有很多各种类型的测定方法, 其中有一种叫做所谓“气体孔隙率法”。比较老的和有名的例子是华斯本—布丁法。美国矿务局设计和后来改进的仪器是现在我们广泛应用的方法, 一般称做波义耳定律法。

本文根据华斯本—布丁法, 在大气压力下岩石样品孔隙中的气体被抽出, 然后收集在大气压力下的刻度玻璃量筒中, 直接读出的气体体积便相当于样品的孔隙体积。气体收集体积读数的绝对误差和总体积无关系, 所以对于孔隙度低的岩石来说, 当体积小时, 相对误差比较大。另外, 用水银测量后的样品还能做其他分析。

矿务局的方法(或波义耳法), 用一个单独的样品直接测定决定于孔隙体积和孔隙度的颗粒体积。在压力下, 气体被引进容纳岩石样品已知体积的样品室中, 正确地测定压力。随后

气体膨胀到一个大气压力下玻璃量筒中, 直接读出气体体积。根据起初压力 P_1 和最终压力 P_2 及体积 V_2 , 起初的气体体积 V_1 用波义耳定律计算出来, 即 $P_1V_1 = P_2V_2$ 。体积 V_1 减去空样品室的体积便是样品颗粒体积。该方法的精度是有限的。

本文的目的是叙述测定岩石气体孔隙度的一种方法。该法可以避免许多上述困难。气体体积是直接测定出来的, 其测定精度与样品体积的测定精度相同。所用压力比前述方法用的大, 这保证了气体快速地渗入样品。该法采取了特殊装置。这一仪器我们叫它为不变压力气体孔隙度仪。

方 法

图 1 粗略地表明不变压力孔隙度仪的装置。

测定方法由下面三个步骤组成:

1. 测定系统(一个沙囊室, 一个集合管, 两个压力计和它们的连接部分)的容积被抽空后, 样品室用高压 ($\sim 70 \text{ kg/cm}^2$) 气体填满,

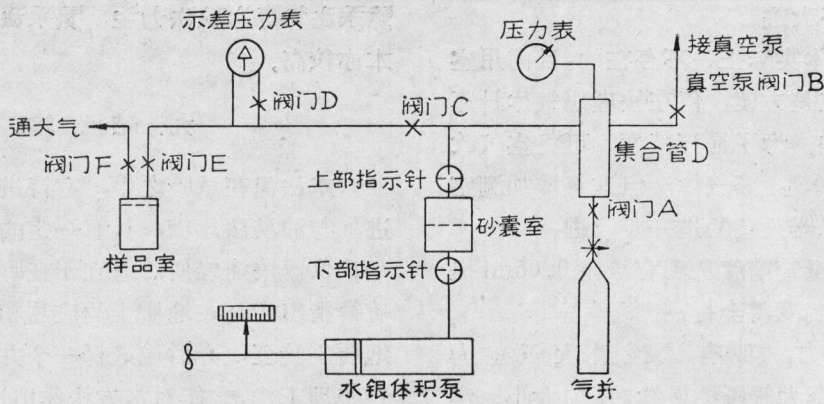


图1 不变压力气体孔隙度方法的略图

样品中的气体在这种压力下被透入灵敏示差计的一边，作为下一步参考压力；

2. 已抽空的包含岩石样品的样品室接通测定系统，因为气体扩张到样品室，由于压力减少的结果而使示差压力计不平衡；

3. 压力用水银体积泵恢复，水银注入体积精确地等于样品室的自由或真空体积（样品室的体积减去岩石的颗粒体积）。根据注入体积和已知空室的体积，求得颗粒体积并计算孔隙度。

气体占据的压力和体积与打开样品室前后的压力和体积是相同的。气体膨胀和压缩不影响孔隙度的计算。根据压力平衡或没有压力，样品室的自由体积全然被一个相等的并且已测量过的水银体积来代替。因为测定时是在不变的压力下进行的，所以样品室没有校正的必要。

不变压力孔隙度仪的詳細构造

孔隙度仪（图2）包括图1 阀门C右部所有水银压力仪器的装置。示差计是一个薄膜示差压力指示器。阀门F是这台仪器的主要部分，除了两个外，所有联结处是用铁模不锈钢和1/8" 外径的不锈钢管装配而成。在阀门C左端和阀门E之间的联结管及样品室是可以活动的O形圆环。阀门C的联结处必需开向测定样品体积的沙囊室(以后叙述)。阀门C、D和E是不锈钢套环阀门。阀门C只是联接仪器用的。

操作程序

岩石样品安置在样品室中，测量系统用阀门F和开关A抽空到水银压力静止在20~

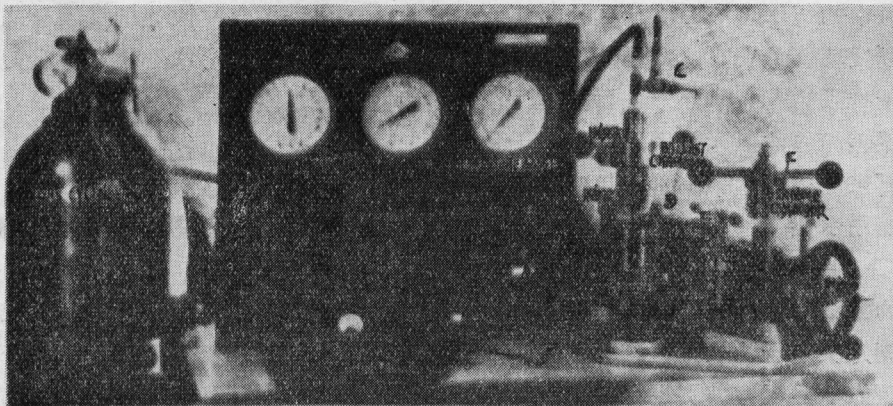


图2 不变压力孔隙度仪

30 μ 。样品室被关闭的阀门E隔开,当真空阀门B关闭时,阀门A打开。集合管,沙囊室和压力表由氩气瓶加压至70 kg/cm²(这个压力的精确值不是重要的),然后,用校准水银体积泵,把水银面放到沙囊室的低部指针处,泵的比例尺落在零位。关闭阀门A使测量系统同气瓶隔开,关闭阀门D被擒获到示差压力计的一边。关闭阀门时,必须小心压力计不能有不平衡现象出现。

打开阀门E,测量系统中的气体膨胀到样品室和样品孔隙中,示差计出现不平衡状态。沙囊室内的水银面用体积泵升高,直到示差计再一次平衡,这表示已经恢复到原始压力。在泵的比例尺上直接读出注入的水银体积,它等于打开阀门E的系统体积。

空样品室用相同的操作程序反复操作几次,有样品和没有样品时的样品室体积之差是样品的颗粒体积。

将系统开向大气,根据沙囊室下部指针到上部指针之间水银面的升高测定水银体积,反复进行几次求出样品的体积。

根据颗粒体积 V_s 和样品体积 V_B ,孔隙度计算为

$$\phi = \frac{V_B - V_s}{V_B} \times 100 \quad (1)$$

测量精度

体积泵体积比例尺的最小刻度是0.01毫升,所以至少能估计出0.25毫升的体积。

虽然示差计接触测量螺旋刻度,但它的刻度是无关重要的。在140 kg/cm²压力下,象0.007 kg/cm²的变化也能测量出来。为使示差计少受震动和阀门操作的影响,所以接触处要轻轻地打开。因为这个理由,它成为最不精确的计量法,体积读数并不优于0.01毫升。

沙囊室的两个室直径为2.5 厘米,样品室的高度为3.5 厘米,这些尺寸限制了样品的大小。为了颗粒体积不至于是两个大数的小差,样品应尽可能地与样品室同等大小。另外,样品室

的空体积必须比两个指针间的沙囊室小,因为后者必须承受水银体积。

必要时可以用不锈钢套筒充填样品室,以测量直径较小的岩石样品,当样品短于样品室高度时,则可以填固体金属。

用氩气来代替氮气,可以减少样品对气体吸附的影响。氩气也同样适宜。不必校正大气变化的影响,为了温度适当地平衡,时间必须用高效率的泵再压缩。

压力为零时,孔隙度仪的总气体体积约100毫升,它在70 kg/cm²压力时产生的体积压力之比为0.007 kg/cm²。假使在两个固体体积测定中,压力没有0.007 kg/cm²的误差, V_s 最大可能误差为0.02毫升。在测定岩样体积 V_B 中,由于 V_B 存在0.001毫升的可能误差,沙囊室的体积误差是0.005毫升,这时($V_B - V_s$)最大误差是0.03毫升。孔隙度的误差大小和 V_B 是成反比的(因为 $V_B \gg \delta V_B$),但是所描述的仪器最大样品的大小是11毫升,所以最大误差不低于0.3%。

典型结果

表1表明用该法测定的一些典型孔隙度值。并与根据岩样体积、颗粒密度法和真空浸水法所获得的值进行了比较。数值的变化范围为2%~47%,样品包括纯洁的砂岩及泥质砂

表1: 不变压力法同其他方法孔隙度(%)的比较

样品描述	不变压力法		密度法	水浸法
	氩	氮		
魏盲特大理岩				
№1	2.1	—	2.3	1.8
№2	2.6	2.7	1.8	1.6
迦太基大理岩				
№1	3.0	4.1	3.1	2.2
№2	3.4	—	3.7	2.8
页岩状浅色燧石岩	9.2	—	8.8	—
含铁页岩状砂岩	12.4	—	12.4	—
贝尔亚砂岩				
№1	17.9	—	17.6	17.9
№2	20.3	—	19.1	19.5
砂质页岩	46.6	—	47.1	—

岩和碳酸盐岩石, 该法测定的气体孔隙度稍微高于水浸值, 但它符合密度法测定的数值。

一般氩气法测定的数值比氮气法测定的低, 但除了在低孔隙度的场合下外差别不是显著的。

(仇奎华译自 Trans. AIME, 1961, V222, P87~89 焦守銓校)

英制与公制换算

0.1 磅/英吋² = 0.007 公斤/平方厘米或 0.007 kg/cm²

1000 磅/英吋² = 70.3 公斤/平方厘米 = 70.3 kg/cm²

2000 磅/英吋² = 140.6 公斤/平方厘米 = 140.6 kg/cm²

沉积物孔隙率、渗透率和表面积之间的关系

(美) G. V. 契林卡, R. 梅恩, A. 辛諾罗特

摘 要

本文主要是研究沉积物表面积与孔隙率和渗透率之间的关系。在这里提出几个试验公式, 根据这些公式我们可以从已知的孔隙率、渗透率和岩层电阻力系数求得表面积。

緒 論

地质学家、石油工程师、土木工程师和土壤科学家已经得到关于流体流动性质与象砂岩那样的自然界多孔介质的表面积之间的各种关系, 特别是为了推导出一个明确的公式, 许多科学家都对储油层和含水层的孔隙率与渗透率之间的关系进行了研究。其中以柯兹奈和卡尔曼关于测定地下流体流动的公式比较有名。其公式如下:

$$k = C \frac{\phi}{S_p^2}$$

式中: k ——渗透率; ϕ ——孔隙度 (以小数值表示); S_p ——每一单位孔隙体积内的表面积; C ——依胶结程度和其他因素而定的常数 (这个方程式的简单推导在 Chilingar 的文章中可看到, 1957. p.336)。但是这个方程式实际用途不大。因此, 本文和其他实验的最终目的是得出渗透率、孔隙度与表面积的关系, 并测试已导出的流动公式的正确性。

試驗技术

用来测定表面积的仪器是 BET (Brunauer-Emmet-Teller 设计的) 仪器的改装, 曾由其他学者详细描述过 (1962)。仪器包括一个吸附室; 一个水银压力计; 一个高真空泵和一个 50 毫升的气量筒。用市售干燥的氩气和氮气标定“死空间”(Dead space) 并作吸附剂用; 而市售液态氮作冷浴用。

著者试验的岩心是普通的胶结砂岩。表面积测量之前, 样品要经过溶剂抽提和蒸馏, 放在真空炉内于 110°C 烘干 24 小时, 处理得十分清洁。用水银比重瓶测出视容积, 颗粒体积用油井研究孔隙度仪求得 (比逊, 1950), 这是一种用氩操作的波义尔定律的仪器。

在安装有毛细管流量计的渗透率仪中利用气体来测定渗透率。样品放入配有橡皮圈的金属环中。根据赫特和其他人的资料, 将测定的数值校正为无穷平均压力。每个样品的渗透率都作了这种校正。

实验结果及其解释

著者和其他研究者获得的实验成果划在一张双对数坐标纸上。其纵座标代表渗透率 (千分达西); 横座标代表一万倍的小数孔隙度除以表面积 (米²/厘米²) 的平方 (图 1 和图 2)。这些数就是柯兹奈—卡尔曼理论渗透率方程式中的一些变量。此外, 格里尔和比逊 (1960) 获得