

ICS 75.180.99

E 10

备案号: 3111—1999

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6385—1999

覆压下岩石孔隙度和渗透率 测定方法

The porosity and permeability measurement of
core in net confining stress

1999-05-17 发布

1999-12-01 实施

国家石油和化学工业局 发 布

目 次

| | |
|---------------------------|----|
| 前言 | IV |
| 1 范围 | 1 |
| 2 引用标准 | 1 |
| 3 定义 | 1 |
| 4 原理 | 1 |
| 5 仪器设备 | 1 |
| 6 实验条件 | 1 |
| 7 实验步骤 | 2 |
| 8 数据的单轴向校正和数值修约 | 2 |
| 9 测定报告格式 | 3 |
| 附录 A (标准的附录) 原始记录格式 | 4 |
| 附录 B (标准的附录) 报告封面格式 | 5 |
| 附录 C (标准的附录) 报告首页格式 | 6 |
| 附录 D (标准的附录) 报告格式 | 7 |

前 言

编制本标准的目的是规范覆压下岩石孔隙度和渗透率测定方法，使岩样的测定参数能够通用于油田的勘探开发实践，为油田开发方案编制提供可靠的基础数据。本标准孔隙度的测定以波义耳定律为理论依据，渗透率的测定依据达西定律利用非稳态法进行。测定仪器以 CMS 系列岩心自动分析仪为基准，其他仪器可参照执行。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 都是标准的附录。

本标准由中国石油天然气集团公司提出。

本标准由油气田开发专业标准化委员会归口。

本标准起草单位：胜利石油管理局地质科学研究院。

本标准主要起草人 闵令元 吕成远 张保卫 李桂梅 崔红彦

覆压下岩石孔隙度和渗透率测定方法

The porosity and permeability measurement of core in net confining stress

1 范围

本标准规定了测定覆压下岩石孔隙度和渗透率的方法及技术要求。

本标准适用于胶结岩样空气渗透率大于或等于 $0.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的覆压下孔隙度和渗透率测定。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

SY/T 5336—1996 岩心常规分析方法

SY/T 5815—93 岩石孔隙体积压缩系数测试方法

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 上覆岩压

上部覆盖岩石层加在下部岩石单元上的压力称上覆岩压。

3.2 孔隙压力

地层孔隙中所承受的流体压力称孔隙压力。

3.3 净上覆岩压

上覆岩压与孔隙压力之差称净上覆岩压。

4 原理

本标准是在系列净上覆岩压下用波义耳定律和非稳定流达西定律测定样品的孔隙度和渗透率。

5 仪器设备

- a) CMS 系列岩心自动分析仪和其他类似岩心覆压孔渗测定仪；
- b) 氮孔隙计；相对误差小于或等于 0.5%；
- c) 大气压力表；0.4 级；
- d) 游标卡尺；分度值为 0.02mm。

6 实验条件

6.1 岩样制备

6.1.1 沿岩心水平方向钻切成直径 2.5cm（或 3.8cm）、长 2.5~7.6cm 的圆柱，圆柱的两端面要垂直于轴线。

6.1.2 岩样清洗按 SY/T 5336—1996 中 3.5 执行。

6.1.3 岩样烘干按 SY/T 5336—1996 中 3.6 执行。

6.2 上覆岩压的确定

按 SY/T 5815—93 中 5.1.3.2 执行。

6.3 气源

6.3.1 围压气源：高压氮气或高压空气。

6.3.2 测试气源：高纯氮气。

6.4 环境温度

一次测定过程中，室温波动不得超过 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

7 实验步骤

7.1 地面孔隙度和地面渗透率的测定

7.1.1 地面孔隙度测定按 SY/T 5336—1996 第 4 章执行。

7.1.2 地面渗透率测定按 SY/T 5336—1996 第 5 章执行。

7.2 覆压下岩石孔隙度和渗透率的测定

7.2.1 接通 CMS 型岩心自动分析仪电源和气源，整机预热 30min。

7.2.2 按仪器要求顺序将各压力调节器调至所需压力。

7.2.3 启动测试程序，运行自检或测漏程序。CMS-200 自检标准块的孔隙体积小于或等于标准数 0.02cm^3 ，CMS-300 测漏标准小于或等于 $2412.9\text{Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{min}$ 。

7.2.4 运行样品测试程序，先输入测试环境下的大气压力和实验温度数据，然后输入测试样品的分析数量及其基础参数。

7.2.5 最高实验围压按二分之一上覆岩压选取，以下分 4~8 个压力点。

7.2.6 在样品转盘中按顺序装入所需测定的样品进行测试。

7.2.7 计算机自动采集存储数据，得出三轴向孔隙度和渗透率。

7.2.8 测试完成后，按顺序关闭气源和仪器电源。

7.3 仪器校核

仪器每测试完成 500 块岩样后，用标准体积块和孔渗标准物质对仪器进行核校，围压不得高于 5.515MPa 。

8 数据的单轴向校正和数值修约

8.1 孔隙度和渗透率的单轴向校正

应用实验室测得的三轴向孔隙度和渗透率分别除以地面孔隙度和地面渗透率，在同一坐标下绘制孔隙度变化系数 ϕ_i/ϕ_0 、渗透率变化系数 k_i/k_0 与净上覆岩压的关系曲线，如图 1 所示。对孔隙度和渗透率进行单轴向校正步骤如下：

a) 根据样品深度和储层压力计算出该块样品净上覆压力，然后在图 1 横坐标上确定其位置 A 点。

b) 由 A 点垂直向上交曲线 1 于 B 点，得出三轴向孔隙度变化系数 ϕ_{zt} ，用 ϕ_{zt} 乘以地面孔隙度得出三轴向孔隙度。

c) 根据公式 (1) 计算出单轴向孔隙度 ϕ_i ；

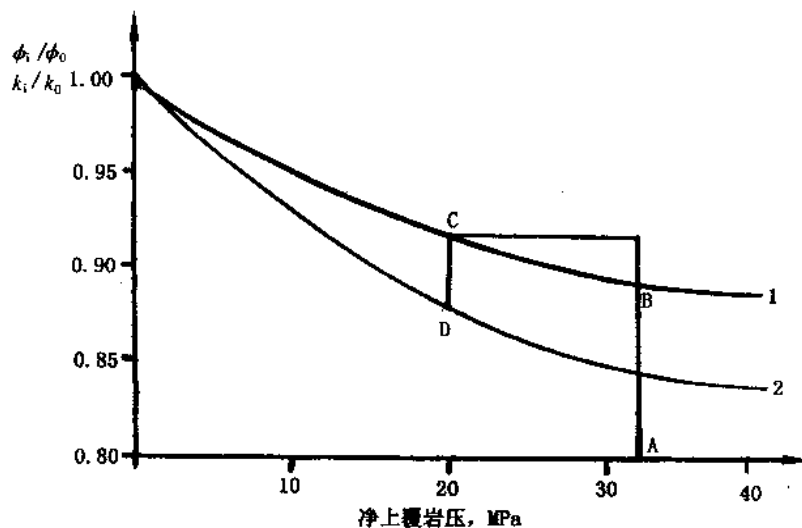
$$\phi_i = \phi_s - (\phi_s - \phi_z) \times r \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中： ϕ_i ——转换后单轴向的孔隙度，%；

ϕ_s ——地面孔隙度，%；

ϕ_z ——CMS-300 在净上覆岩压下测定的三轴向孔隙度，%；

r ——转换因子，取 0.619。



1—孔隙度变化系数曲线；2—渗透率变化系数曲线

图1 孔隙度和渗透率单轴向校正示意图

d) ϕ_i 除以地面孔隙度得出单轴向孔隙度变化系数 ϕ_{ir} ，在曲线 1 中找出对应点 C 点。

e) 由 C 点垂直向下交曲线 2 于 D 点，交点即为单轴向渗透率变化系数 K_{ir} 。

f) 以 K_{ir} 乘以地面渗透率值即为单轴向的渗透率值。

8.2 数值修约

- 岩心长度值修约到 2 位小数，cm；
- 岩心直径值修约到 2 位小数，cm；
- 岩心实验净上覆岩压值修约到 2 位小数，MPa；
- 岩心覆压孔隙度值修约到 2 位小数，%；
- 岩心覆压空气渗透率及克氏渗透率值修约成 3 位有效位数，用科学计数法表示， $10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

9 测定报告格式

- 原始记录格式见附录 A（标准的附录）。
- 报告封面格式见附录 B（标准的附录）。
- 报告首页格式见附录 C（标准的附录）。
- 报告格式见附录 D（标准的附录）。

附 录 A
(标准的附录)
原始记录格式

覆压下岩石孔隙度和渗透率测定原始记录

共 页 第 页

一、基础资料:

井 号 _____ 层 位 _____ 地面渗透率 _____ $10^{-3}\mu\text{m}^2$
 样 品 编 号 _____ 大 气 压 _____ MPa 岩 样 体 积 _____ cm^3
 井 段 _____ m 实 验 温 度 _____ $^{\circ}\text{C}$ 测 定 日 期 _____
 距 顶 _____ m 地 面 孔 隙 度 _____ % 分 析 人 _____

二、实验测得参数:

| 序号 | 净上覆岩压 MPa | 滑脱系数 Pa/cm^2 | 孔隙体积 cm^3 | 孔隙度 % | 克氏渗透率 $10^{-3}\mu\text{m}^2$ | 空气渗透率 $10^{-3}\mu\text{m}^2$ | α μm | β cm^{-1} | 备注 |
|----|--------------|---------------------------------|-----------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

附 录 B
(标准的附录)
报告封面格式

No:

覆压下岩石孔隙度和渗透率

测定报告

地 区: _____

油 田: _____

井 号: _____

井 段: _____

岩样块数: _____

送样单位: _____

测定依据: _____

报告日期: _____

技术负责: _____

× × × (测定单位)

附 录 C
(标准的附录)
报告首页格式

本报告共 页，共测定岩样 块。

测定依据：

检测主要设备及编号：

其他说明：

测定人：

审核人：

附 录 D
(标准的附录)
报 告 格 式

覆压下岩石孔隙度和渗透率测定报告

共 页 第 页

井号: _____

试验日期: _____

一、基础资料:

| | | | | | | | |
|-----|--|-------|--|-------|--|-------------------------------|--|
| 油田 | | 井段, m | | 层位 | | 地面渗透率, $10^{-3}\mu\text{m}^2$ | |
| 样品号 | | 岩性 | | 距顶, m | | 地面孔隙度, % | |

二、实验测得参数:

| 序号 | 净上覆岩压 MPa | 滑脱系数 Pa/cm ² | 孔隙体积 cm ³ | 孔隙度 % | 克氏渗透率 $10^{-3}\mu\text{m}^2$ | 空气渗透率 $10^{-3}\mu\text{m}^2$ | 备 注 |
|----|--------------|----------------------------|-------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|-----|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

三、地层真实压力点参数:

| 净上覆岩压 MPa | 孔隙度 % | 空气渗透率 $10^{-3}\mu\text{m}^2$ | 备注 |
|--------------|----------|---------------------------------|----|
| | | | |