

CI

团 体 标 准

T/CI XXX-2023

岩石含气量的物理模拟方法

Physical simulation method of rock gas content

（送审稿）

2023 -X-X 发布

2023 -X -X 实施

中国国际科技促进会 发 布

中国国际科技促进会 (CIAPST) 是 1988 年经中华人民共和国国务院科技领导小组批准而成立的全国性社会团体。制定团体标准、开展标准国际化和推动团体标准实施,是中国国际科技促进会的工作内容之一。任何团体和个人,均可提出制、修订中国国际科技促进会团体标准的建议并参与有关工作。

中国国际科技促进会标准按《中国国际科技促进会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国国际科技促进会征求意见稿经向社会公开征求意见,并得到参加审定会议的 80% 以上的专家、成员的投票赞同,方可作为中国国际科技促进会标准予以发布。

在本标准实施过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料寄给中国国际科技促进会标准化工作委员会,以便修订时参考。

任何团体和个人,均可对本标准征求意见稿提出意见和建议,牵头起草单位联系方式:
dengze@petrochina.com.cn

中国国际科技促进会

地址:北京市海淀区中关村东路 89 号恒兴大厦 13F

邮政编码: 100190

电话:010-62652520 传真: 010-62652520

网址: <http://www.ciapst.org>

前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院、武汉古生代检测科技有限公司等牵头组织制定。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院、武汉古生代检测科技有限公司、中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司、中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司、中联煤层气国家工程研究中心有限责任公司、中国海洋石油海油发展工程技术分公司、四川省科源工程技术测试中心、煤与煤层气共采国家重点实验室

本文件主要起草人：邓泽、赵群、王涛、丁蓉、田丰华、曹毅民、张涛、陈存良、马占荣、石磊、戚明辉、李洋冰、李亚男、张继东、鲁博。

本文件为首次发布。

岩石含气量的物理模拟方法

1 范围

本文件规定了岩石含气量的物理模拟方法提要、仪器设备、样品制备、实验步骤、数据处理、检测精度、实验报告等技术要求。

本文件适用于模拟岩石在地下被开采时的含气量的实验。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 19559-2008 煤层气含量测定方法

GB/T 34533-2017 页岩氦气法孔隙度和脉冲衰减法渗透率的测定

GB/T 23561 煤和岩石的物理性质

GB/T 29172-2012 岩心分析方法

GB 474 煤样的制备方法

NB/T10018-2015 煤的多组分气体等温吸附实验方法

SY/T 6940-2013 页岩含气量测定方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

平衡水样品

以某一温度下平衡水分后的岩石为基准。

3.2

自由空间体积

样品罐和部分管路封闭空间内，未被样品占据的体积。

3.3

吸附气

吸附在岩石样品中的气体。

3.4

游离气

自由空间体积中的气体。

4 方法提要

将达到平衡水分的岩石样品置于样品罐中，测定在目标温度和压力条件下达到吸附平衡时岩样的吸附气含量，调节恒温箱至现场钻井液温度，待样品罐和参考罐平衡后，再控制样品罐中压力下降，测量岩样在相同温度、不同压力条件下解吸出气含量，降压直至大气压条件下，再关闭恒温箱，在大气温度和大气压力条件下测量一定时间的解吸气含量；最按照 GB/T 19559-2008 测量岩样的自然解吸气含量和残余气含量。

5 仪器设备

5.1 平衡水含量测定装置

5.1.1 真空干燥箱：温度控制精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，真空度不低于 10Pa；

5.1.2 电子天平：精度不低于 0.0001 g。

5.2 含气量物理模拟装置

5.2.1 样品罐：不锈钢、钛合金等高强度材料制成，最大测试压力以内保持气密性；

5.2.2 参考罐：不锈钢、钛合金等高强度材料制成，最大测试压力以内保持气密性；

5.2.3 恒温箱：温度控制精度不低于 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ；

5.2.4 压力传感器：精度不低于 $\pm 0.1\%\text{FS}$ （FS 为满量程）；

5.2.5 高精度流量计：精度不低于 $\pm 0.2\%\text{FS}$ （FS 为满量程）；

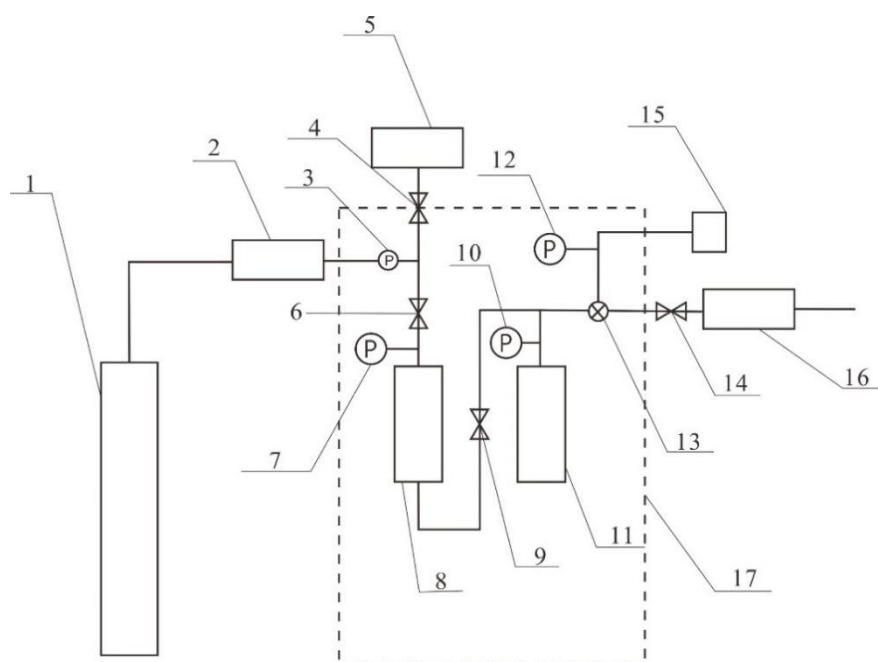
5.2.6 回压阀：不锈钢、钛合金等高强度材料制成，最大测试压力以内保持气密性；

5.2.7 手动泵：最大量程为 40MPa；

5.2.8 真空泵：极限压力不高于 10Pa；

5.2.9 数据处理系统：微机及数据处理软件。

含气量物理模拟装置示意图见图 1。



说明：

- 1——气瓶；
- 2——增压泵；
- 3——压力表；
- 4——抽真空阀门 1；
- 5——真空泵
- 6——总阀门 2；
- 7——压力传感器 1
- 8——参考罐
- 9——阀门 3；
- 10——压力传感器 2；
- 11——样品罐；
- 12——压力传感器 3；
- 13——回压阀；
- 14——排气阀门 4；
- 15——手动泵；
- 16——高精度流量计。
- 17——恒温箱。

图 1 含气量物理模拟装置示意图

6 试剂

试剂包含以下几部分：

- 1)、硫酸钾过饱和溶液。
- 2)、甲烷：纯度不低于 99.99%。
- 3)、氦气：纯度不低于 99.99%。
- 4)、蒸馏水

7 样品制备

7.1 岩石样品质量和制样

制取粒度粒径约为 0.4-0.8mm (20 目-40 目)的岩样，制样方法按照 GB 474 执行；或钻取直径为 25mm×长度不小于 30mm 的圆柱岩石样品，钻样方法按照 GB/T 29172-2012 执行。

7.2 岩石样品的平衡水含量测定

7.3.1 称取干燥后岩石样品。

7.3.2 将称量后的岩石样品置于敞口器皿中，均匀喷加适量的蒸馏水。

7.3.3 将装有岩石样品的器皿放入真空干燥箱中，其底部装有足量的硫酸钾过饱和溶液。

设置真空干燥箱为 30 ℃，开始抽真空，抽真空时间须不少于 30 分钟。

7.3.4 平衡水岩石样品制备应不小于 48 小时。取出后称量平衡后的岩石样品质量。

平衡水含量计算见公式(1)。

$$M_e = \frac{G_1 \times \frac{M_{ad}}{100} + (G_2 - G_1)}{G_2} \times 100 \quad (1)$$

式中：

M_e ——岩石样品的平衡水含量，%；

G_1 ——平衡前空气干燥基岩石样品质量，单位为克(g)；

G_2 ——平衡后岩石样品质量，单位为克(g)；

M_{ad} ——岩石样品的空气干燥基水分含量，%。

7.3 岩石的孔隙度

按照 GB/T 34533-2017 执行。

8 实验步骤

8.1 岩样装罐

将达到平衡水分的岩样准确称量后，迅速装入样品罐内。

8.2 气密性检查

8.2.1 调节温度

根据储层温度或实验要求设置恒温箱温度。

8.2.2 充气

恒温箱温度稳定后，充入氦气，至实验最高测试压力。

8.2.3 采集数据

系统采集参考罐和样品罐的压力数据，压力在 1h 内保持不变，则视为系统气密性良好。

8.3 自由空间体积测定

8.3.1 抽真空

打开真空泵开关，对样品罐和参考罐及管路抽真空，时间不少于 1 小时。

8.3.2 充气

打开氦气瓶开关和增压泵，向系统充入氦气至参考罐压力值达到 3MPa 左右，关闭参考罐阀门。

8.3.3 数据采集

打开参考罐和样品罐之间的阀门，待压力平衡后采集压力数据和温度数据。

8.3.4 自由空间体积计算

重复 8.3.2 到 8.3.3 两至四次。自由空间体积重复测定 3-5 次，计算出样品罐和管路中自由空间体积，其中两两之间值不低于 0.1cm^3 。

8.4 等温吸附测定

按照 GB/T 19559-2008 执行。

8.5 降压解吸测定

8.5.1 降压解吸实验温度确定

降压解吸实验温度通常设置为取芯过程中钻井液温度。

8.5.2 降压解吸实验压力点分布

当最高实验平衡压力大于 10MPa，每次降压为 1MPa，实验压力点不少于 11 个；

当最高实验平衡压力小于等于 10MPa，每次降压为 0.5MPa，实验压力点不少于 10 个。

8.5.3 降压

待温度稳定后,通过减压阀控制降压至第一个压力点,记录样品罐内压力、温度、流量,自高而低逐个压力点进行降压解吸实验,直至最后一个压力点至大气压才结束。降压解吸时间根据现场取芯实际情况而定。

8.5.4 数据采集

启动自动采集样品罐降压前后的温度、压力和高精度流量计记录的累计流量等相关数据。

8.6 暴露空气中解吸测定

8.6.1 调节温度

关闭恒温箱。

8.6.2 调节温度

记录大气压力、室内温度、流量。

8.6.3 暴露空气中时间确定

露空气中解吸时间根据现场取芯实际情况而定。

8.7 自然解吸测定

按照 GB/T 19559-2008 执行。

8.8 残余气测定

按照 GB/T 19559-2008 执行。

9 数据处理

9.1 自由空间体积和岩石样品体积计算

$$V_f = - \frac{V_1 \left(\frac{p_1}{(z_1 T_1)} - \frac{p_3}{(z_3 T_3)} \right)}{\left(\frac{p_2}{(z_2 T_2)} - \frac{p_4}{(z_4 T_4)} \right)} \quad (2)$$

式中:

V_f ——自由空间体积,单位为立方厘米(cm^3);

p_1 ——参考罐初始压力,单位为兆帕(MPa);

p_2 ——样品罐初始压力,单位为兆帕(MPa);

p_3 ——参考罐平衡后压力,单位为兆帕(MPa);

p_4 ——样品罐平衡后压力,单位为兆帕(MPa);

T_1 ——参考罐初始温度,单位为开(K);

T_2 ——样品罐初始温度,单位为开(K);

T_3 ——参考罐平衡后温度，单位为开(K)；

T_4 ——样品罐平衡后温度，单位为开(K)；

Z_1 ——参考罐初始气体的压缩因子，无量纲；

Z_2 ——样品罐初始气体的压缩因子，无量纲；

Z_3 ——参考罐平衡后气体的压缩因子，无量纲；

Z_4 ——样品罐平衡后气体的压缩因子，无量纲；

V_1 ——参考罐和分管路的总体积，单位为立方厘米(cm^3)。

$$V_s = V_2 - V_f \quad (3)$$

式中：

V_2 ——样品罐和分管路的总体积，单位为立方厘米(cm^3)。

V_s ——岩石样品的体积，单位为立方厘米(cm^3)；

9.2 吸附气含量计算

根据参考罐、样品罐平衡前后的压力及温度，计算目标压力下的吸附量。

利用公式(4)：

$$pV = nZRT \quad (4)$$

式中：

p ——气体压力，单位为兆帕(MPa)；

V ——气体体积，单位为立方厘米(cm^3)；

Z ——气体的压缩因子，无量纲；

R ——摩尔气体常数，单位为焦每摩尔($\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)；

T ——气体温度，单位为开(K)。

根据目标压力平衡前样品罐内气体摩尔数(n_1)和平衡后样品罐内气体的摩尔数(n_2)计算岩石样品吸附量(V_{ad})，利用公式(5)：

$$V_{ad} = \frac{(n_1 - n_2)}{M_g} \times 22.4 \times 1000 \quad (5)$$

n_1 ——平衡前样品罐内气体的摩尔数，单位为摩(mol)；

n_2 ——平衡前样品罐内气体的摩尔数，单位为摩(mol)；

M_g ——岩石样品质量，单位为克(g)；

V_{ad} ——吸附气含量，单位为立方厘米每克($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)。

9.3 游离气量计算

9.3.1 岩石样品孔隙中游离气体积

利用公式(6)：

$$V_\varphi = (\varphi * V_s) / 100 \quad (6)$$

式中：

V_φ ——岩石样品孔隙体积，单位为立方厘米(cm^3)。

V_s ——岩石样品的体积，单位为立方厘米(cm^3)；

φ ——岩石样品的孔隙度，无量纲；

利用公式(7)：

$$V_g = \left(\frac{V_\varphi * p}{R * T * Z} \right) * 1000 * 22.4 \quad (7)$$

式中：

V_g ——岩石样品中孔隙体积，单位为立方厘米(cm^3)；

p ——气体压力，单位为兆帕(MPa)；

V ——气体体积，单位为立方厘米(cm^3)；

Z ——气体的压缩因子，无量纲；

R ——摩尔气体常数，单位为焦每摩尔($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)；

T ——气体温度，单位为开(K)。

9.3.2 自由空间中游离气体积

利用公式(8)：

$$V_{gf} = \left(\frac{V_f * p}{R * T * Z} \right) * 1000 * 22.4 \quad (8)$$

式中：

V_{gf} ——自由空间中气体体积，单位为立方厘米(cm^3)。

p ——气体压力，单位为兆帕(MPa)；

V ——气体体积，单位为立方厘米(cm^3)；

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/066131130202010212>