



中华人民共和国国家标准

GB/T 34229—2017

煤层气井试井方法 钻杆地层测试法

Coalbed methane well test method—Drill stem testing method

2017-09-07 发布

2018-04-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 方法提要 2

5 设备及仪表 2

6 试井设计 3

7 测试程序 5

8 数据记录及采集 5

9 测试资料解释 6

10 成果报告 6

附录 A（资料性附录） 下钻过程压力梯度计算表 8

附录 B（规范性附录） 下井测试管柱记录表 9

附录 C（规范性附录） 现场测试资料记录表 10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国煤炭工业协会提出。

本标准由全国煤炭标准化技术委员会(SAC/TC 42)归口。

本标准起草单位：中煤科工集团西安研究院有限公司、西安石油大学。

本标准主要起草人：王彦龙、杨新辉、林加恩、刘昌益、李延军。

煤层气井试井方法 钻杆地层测试法

1 范围

本标准规定了煤层气井钻杆地层测试方法的术语和定义、方法提要、设备及仪表、试井设计、测试程序、数据记录及采集、测试资料解释、成果报告等。

本标准适用于煤层气勘探和开发中的试井测试。

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 31537 煤层气(煤矿瓦斯)术语

3 术语和定义

GB/T 31537 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了 GB/T 31537 中的某些术语和定义。

3.1

钻杆地层测试 drill stem test

在钻井过程中,以钻杆作为地层流体流到地面的导管,对地层进行参数测试的一种手段。

[GB/T 31537—2015,定义 4.4.4]

3.2

测试压差 the test pressure difference

ΔP

测试初始流动压差,决定地层流体流动的难易程度。

3.3

液垫 liquid cushion

为避免测试压差过大,需要在测试管柱内预先充填一定高度的流体(水或钻井液)以平衡压差,这种预先充填在管柱内的液体称为液垫。

3.4

开井 open well

打开测试阀门,使地层流体流向井筒的过程。

3.5

开井时间 open well time

t

打开测试阀门,使地层流体流向井筒的过程持续的时间。

3.6

关井 shut-in

关闭测试阀门,使地层压力得以恢复的过程。

3.7

关井时间 shut-in time

Δt

关闭测试阀门,使地层压力得以恢复的过程持续的时间。

4 方法提要

钻杆地层测试工作原理:用钻杆(或油管)将地层测试器送入井内,通过井下开/关井,对目的层进行测试,取得井下压力-时间的关系曲线。通过综合分析获得煤储层渗透率(k)、储层压力(P_i)、表皮系数(S)、调查半径(R_i)、储层温度(T)等。

5 设备及仪表

5.1 测试管柱

测试管柱示意图见图 1。

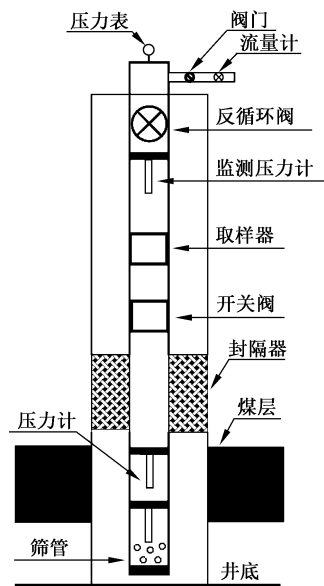


图 1 测试管柱示意图

5.2 压力计

压力计应不少于 2 支,其中测试压力计 1 支,监测压力计 1 支。其基本参数要求如下:

- a) 压力量程:不小于 20 MPa;
- b) 压力分辨率:不低于 0.000 1 MPa;
- c) 温度量程:—25 ℃~70 ℃;
- d) 温度分辨率:不低于 0.01 ℃;
- e) 灵敏度:0.000 2%FS;
- f) 数据记录点:不低于 60 000 组。

5.3 开/关井阀

钻杆地层测试应采用井下开/关井方式,井下开/关井阀应满足:

- a) 可多次开/关井;
- b) 全通径;
- c) 不易堵塞,且不造成紊流。

5.4 封隔器

应选择适用于裸眼及套管测试的膨胀式封隔器,应满足单封隔器坐封或双封隔器跨隔坐封测试。封隔器性能参数如下:

- a) 工作压力:20 MPa;
- b) 膨胀系数:1.0~1.4。

5.5 取样器

应对地层流出物进行封闭、保压,容积应不小于1 200 mL。

5.6 流量计

应根据测试层产出液体、气体量的大小配备合适的流量计,其精度应不低于1%FS。

5.7 压力表

应根据流体压力的大小配备合适的压力表,其精度应不低于0.25%FS。

5.8 辅助设备

膨胀泵、回流阀、压力计托筒、筛管等。

5.9 数据处理系统

6 试井设计

6.1 设计依据

设计应综合考虑以下因素:

- a) 测试目标任务;
- b) 测试井的钻井、地质资料;
- c) 邻近井的试井资料。

6.2 测试方案

6.2.1 依据对测试目标煤层的具体要求确定测试方案。

6.2.2 一般求取储层参数选二开二关工作制度,求产能选四开四关工作制度。

6.3 测试压差(ΔP)选值原则

测试压差按以下原则选值:

- a) 最大选值($R_{\max} > 1.9\%$,原生结构煤)按式(1)计算。

$$\Delta P = 0.7\Delta P_{\max} + 0.3\Delta P_{\min} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$\Delta P_{\max}$ ——射孔允许最大负压差值,单位为兆帕(MPa);

$\Delta P_{\min}$ ——射孔允许最小负压差值,单位为兆帕(MPa)。

b) 最小选值($R_{\max} < 1.9\%$,构造煤)按式(2)计算。

$$\Delta P = 0.3\Delta P_{\max} + 0.7\Delta P_{\min} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\Delta P_{\max}$ ——射孔允许最大负压差值,单位为兆帕(MPa);

$\Delta P_{\min}$ ——射孔允许最小负压差值,单位为兆帕(MPa)。

c) 其他情况,按煤的变质程度及煤体结构,视具体情况在最大值与最小值之间选值。

d) 对于上述参数无法获得的地区,测试压差应控制在 10 MPa 以内。

6.4 开/关井时间计算

6.4.1 开/关井时间的设计的一般方法

a) 经验法:适用于有参数井的区块,通过与已知参数井条件的比对,确定开/关井时间;

b) 拟合法:利用达西方程拟合反演求取开/关井时间。

6.4.2 开/关井时间选值原则

a) 初开井应通过强烈的引流,解除地层堵塞。煤储层一般为欠压或低压储层,初开井时间不宜过长,达到解堵的目的即可。

b) 初开井若出现强烈的气泡,初开/关井时间可相对减少,相反则相应增加,并根据情况调整后期的工作制度。

c) 初关井应测得较准确的原始地层压力。初关井时间一般是初开井时间的 10~15 倍。

d) 开/关井时间参考取值见表 1。

表 1 开/关井时间参考表

单位为分

一开	一关		终开	终关
5~15	120~300		15~30	300~480

6.4.3 终开井时间、终关井时间

a) 终开井时间按式(3)计算:

$$t = (69.4\phi\mu C_t r_i^2)/K \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

t ——开井时间,单位为小时(h);

ϕ ——孔隙度(以体积分数计),%;

μ ——流体黏度,单位为毫帕秒(mPa·s);

C_t ——综合压缩系数,单位为负一次方兆帕(MPa⁻¹);

r_i ——探测半径,单位为米(m);

K ——煤层渗透率,单位为毫达西(mD)。

b) 终关井时间

终关井时间的设计应不低于开井时间的 10 倍。

$$\Delta t \geq 10t \dots\dots\dots (4)$$

式中：
Δt——关井时间，单位为小时(h)。
c) 终开/关井时间参考取值见表 1。

7 测试程序

7.1 资料准备

- 7.1.1 井的资料：井号，井别，坐标，地理位置，构造位置，完井层位，井身结构。
- 7.1.2 煤层资料：层号，厚度，煤层结构，镜质体反射率，煤体结构、煤层顶、底板岩性、厚度及深度。
- 7.1.3 钻井液资料：类型，密度，黏度，含砂量，pH 值。
- 7.1.4 测井资料：井径，井深，井斜，测试层厚度、深度，顶底板厚度、深度。

7.2 测试准备

- 测试准备包括井、层准备及设备准备，主要有：
- a) 通井循环，确保测试管柱起下畅通无阻，井底干净，测试煤层完全裸露。
 - b) 试井设备检查、连接。
 - c) 确定封隔器坐封位置。根据钻井及测井资料确定封隔器坐封位置，应选择岩性致密且井径规则的井段，坐封位置控制在距煤层顶板 2 m 以内。
 - d) 配置下井测试管柱，记录每一部件的名称及尺寸。

7.3 测试步骤

- 按如下步骤进行测试：
- a) 测试管柱下井；
 - b) 管柱每下入 100 m 停顿 5 min~10 min，记录格式及计算参见附录 A；
 - c) 膨胀封隔器；
 - d) 静置 1 h~2 h；
 - e) 按设计时间，初开井，测试开始；
 - f) 终关井结束，解封封隔器；
 - g) 上提测试管柱，观察水头高度；
 - h) 水头及取样器采水样；
 - i) 回放压力计数据，初步分析并备份。

8 数据记录及采集

8.1 现场作业记录

- 现场作业记录主要包括工作内容、管柱组合、各时间节点井口现象等：
- a) 应做工作日志，记录现场测试的日期、时间及工作内容。
 - b) 下井测试管柱数据记录格式及内容见附录 B。
 - c) 现场测试资料记录格式及内容见附录 C。

8.2 压力计数据采集

压力计的压力、温度数据点采集要求见表 2。

表 2 压力计数据采集要求 单位为秒

测试阶段	管柱起下阶段	开井阶段	关井阶段
时间间隔	10	初期:1~2 后期:3~5	初期:1~3 后期:5~10

9 测试资料解释

9.1 基本参数选值

根据测试井资料确定基本参数。主要包括流体压缩系数、流体黏度、流体体积压缩系数、煤体孔隙度及煤层有效厚度、煤层中部深度等。对于开井过程气体涌出显著的测试井,流体参数应同时考虑气、水两相。

9.2 资料解释

9.2.1 解释模型选择

根据测试井的地质资料,利用双对数导数曲线形态、特征直线段进行曲线诊断,划分各流动段,确定地层渗流特征和边界性质,选择合适的解释模型。

9.2.2 常规分析

对双对数压力导数曲线中期出现水平直线段的资料,应采用霍纳(Horner)法进行常规分析,计算出有关参数。

9.2.3 典型曲线拟合分析

采用双对数曲线拟合法进行分析,通过调整分析模型、参数,进行拟合,求取有关参数。

9.3 结果检验

9.3.1 一致性检验

常规解释方法与双对数曲线解释方法所得的结果应基本一致,其计算结果偏差应小于 10%。

9.3.2 可靠性检验

压力拟合曲线和实测压力曲线对比。曲线重合度高,说明分析结果可靠,否则应重新选择模型进行计算。

10 成果报告

试井成果报告应包括以下内容:

- a) 试井任务及工作概述。
- b) 试井目的及要求。
- c) 测试井基本概况。
- d) 试井所用仪器设备。

- e) 试井施工工程。
- f) 试井分析方法和分析结果。
- g) 水样检测结果。
- h) 质量评述。
- i) 附表：
 - 现场工作记录表；
 - 下钻过程压力梯度计算表；
 - 下井测试管柱数据记录表；
 - 现场测试资料记录表；
 - 测试数据分析成果表；
 - 流体分析成果表。
- j) 附图：
 - 测试压力温度历史图；
 - 监测压力温度历史图；
 - 测试数据半对数分析图；
 - 测试数据双对数分析图；
 - 测试数据压力历史拟合图；
 - 下井管柱示意图。

附 录 A
(资料性附录)
下钻过程压力梯度计算表

下钻过程压力梯度计算结果及格式见表 A.1。

表 A.1 下钻过程压力梯度计算表

井号： 煤层： 测试日期：

测点深/m	压力/MPa	梯度/(MPa/100 m)	备注
100			
200			
300			
400			
500			
600			
700			
.....			

制表： 记录： 第 页/共 页

附 录 B
(规范性附录)
下井测试管柱记录表

下井测试管柱数据记录内容及格式见表 B.1。

表 B.1 下井测试管柱数据记录表

井号: 煤层:

[illegible]

制表： 记录： 时间： 第 页/共 页

