



中华人民共和国国家标准

GB/T 24504—2025

代替 GB/T 24504—2009

煤层气井注入/压降试井方法

Method of injection/falloff well test for coalbed methane well

2025-08-01 发布

2026-02-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

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 1

5 仪器设备 2

 5.1 压力计 2

 5.2 关井工具 2

 5.3 封隔器 2

 5.4 工具管串组合 2

 5.5 井口装置 2

 5.6 防喷装置 2

 5.7 泵注系统 2

6 试井设计 3

 6.1 设计基础资料 3

 6.2 试井类型 3

 6.3 参数计算 4

7 施工程序 5

 7.1 测试准备 5

 7.2 施工步骤 5

8 数据记录及采集 6

 8.1 现场作业记录 6

 8.2 压力计数据采集 7

9 试井资料解释 7

 9.1 基本图件绘制 7

 9.2 试井解释基本参数选值 7

 9.3 注入/压降测试资料分析 8

 9.4 原地应力测试资料分析 8

10 试井报告 8

附录 A（规范性） 下井测试管柱数据记录表 9

附录 B（规范性） 注入/压降测试原始数据记录表 10

附录 C（规范性） 原地应力测试原始数据记录表 11

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 24504—2009《煤层气井注入/压降试井方法》。与 GB/T 24504—2009 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了术语和定义(见第 3 章)；
- b) 增加了方法提要(见第 4 章)；
- c) 更改了仪器设备的要求(见 5.3、5.4, 2009 年版的 3.3、3.4)；
- d) 更改了设计基础资料准备的要求(见 6.1.1, 2009 年版的 5.1)；
- e) 增加了试井类型(见 6.2)；
- f) 更改了对测试井的准备要求(见 7.1.1, 2009 年版的 5.2.1)；
- g) 增加了测试中筛管放置位置(见 7.1.3)；
- h) 增加了置换钻井液的要求(见 7.2.4)。

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专利的责任。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由全国煤炭标准化技术委员会(SAC/TC 42)归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、西安煤科检测技术有限公司、中海油能源发展股份有限公司。

本文件主要起草人：杨新辉、王毅、陈志胜、李彬刚、李鑫、袁志杰、林佩瑶、马立涛。

本文件于 2009 年首次发布，本次为第一次修订。

煤层气井注入/压降试井方法

1 范围

本文件规定了煤层气井注入/压降试井的方法提要、仪器设备、试井设计、施工程序、数据记录及采集、试井资料解释及试井报告等技术内容。

本文件适用于煤层气井钻井过程中或完井后进行的试井。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 17745 石油天然气工业 套管和油管的维护与使用

GB/T 31537 煤层气(煤矿瓦斯)术语

DZ/T 0250 煤层气钻井作业规范

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。

3.1

关井 shut in

关闭测试阀门或装置,使得地层压力系统成为一个独立系统。

3.2

关井时间 shut-in time

关闭测试阀门或装置,使地层压力得以恢复的持续时间。

3.3

关井工具 shut-in device

用于井下关井或井口关井的阀门或装置。

3.4

开井 open well

打开测试阀门或装置,使得地层压力系统与测试压力系统进行连通。

4 方法提要

注入/压降试井工作原理:遵循不稳定试井的基本原理,用油管或钻杆将测试设备送入井内,以较稳定的排量、低于煤层破裂压力的注入压力向井中注水,在井筒周围产生一个高于原始储层的压力分布区,然后关井,压力降落,井底压力与原始储层压力逐渐趋于平衡,全程记录井底压力随时间变化的数据。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)、探测半径(R_i)、储层温度(T)等。

原地应力测试工作原理:通过向煤层注入清水,使煤层破裂,获得井底压力与时间的数据,求取地层应力。

5 仪器设备

5.1 压力计

选用高精度电子压力计,基本参数如下:

- a) 压力量程:不小于 35.0 MPa;
- b) 压力分辨率:不低于 0.000 1 MPa;
- c) 温度量程:—25 °C~125 °C;
- d) 温度分辨率:不低于 0.01 °C;
- e) 精准度:不低于 0.000 2% FS;
- f) 数据记录点:不低于 60 000 组。

5.2 关井工具

煤层气井注入/压降试井应采用井下关井方式,可选用专门配备的井下关井阀。

5.3 封隔器

应选择适用于裸眼及套管测试的封隔器,工作压差不小于 20.0 MPa。

5.4 工具管串组合

应包括但不限于防砂筛管、封隔器、压力计、关井工具、油管等主要设备。油管应按照GB/T 17745的要求维护和使用。

5.5 井口装置

应配置井口关井装置。

5.6 防喷装置

应满足测试系统最高压力的 1.2 倍~2.0 倍。

5.7 泵注系统

泵注系统应符合以下要求:

- a) 注入泵:排量稳定的柱塞泵,额定压力不小于 20.0 MPa,额定排量 0 L/min~200 L/min;
- b) 动力设备:功率大小与注入泵要求相匹配,持续工作时间不小于 30.0 h;
- c) 流量计:记录精度不低于 1% FS;
- d) 压力表:记录精度不低于 0.25% FS;
- e) 计量水罐:体积不小于 1.0 m³;
- f) 辅助设备:高压管汇、压力安全阀、回流阀等。

6 试井设计

6.1 设计基础资料

6.1.1 井的资料

不限于井号、井别、坐标、地理位置、构造位置、完井层位、井身结构等。

6.1.2 煤层资料

不限于层号、厚度、煤层结构、煤层倾角、煤层顶、底板深度、煤层顶、底板厚度及岩性等。

6.1.3 钻井液资料

不限于类型、密度、黏度、含砂量、pH 值等。

6.1.4 测井资料

不限于井径、井深、井斜、测试层厚度、深度、顶底板厚度、深度等。

6.1.5 固井资料

不限于声幅测井资料、套管接箍资料等。

6.1.6 试井资料

不限于邻近井的试井资料等。

6.2 试井类型

6.2.1 按钻完井方式

6.2.1.1 裸眼试井

钻穿目标煤层后,采用单封隔器坐封,对煤层段进行裸眼试井,尽量减少煤层底板无效段长度。当需要封固目标煤层下部地层时,应先回填再试井。

6.2.1.2 套管试井

在套管内,对射孔段采用双封隔器坐封进行试井。射开套管后,试井前应对套管内壁进行刮壁作业,消除套管内部毛刺、水泥残渣对测试管串的影响;压后试井,应在压裂液返排结束井口无溢流的情况下进行。

6.2.2 按煤层特征

6.2.2.1 单煤层试井

对一般厚度的煤层,对全煤层段进行试井。

当煤层厚度为 8.0 m~20.0 m 时,可以在揭露煤厚 $\frac{1}{2}$ 后进行试井。

当煤层厚度大于 20.0 m 时,可以在揭露煤厚 $\frac{1}{3}$ 后进行试井。

6.2.2.2 多煤层试井

当两层或以上煤层间距小于 3.0 m 时,宜进行合层试井。

6.2.3 按井型

6.2.3.1 垂直井试井

垂直井试井见 6.2.1、6.2.2。

6.2.3.2 定向井试井

定向井稳斜段井斜小于或等于 25°时,可以在裸眼内试井。

定向井稳斜段井斜大于 25°时,应在套管内进行试井;必要时,测试管串应配置扶正器。

斜直井试井时单根入井管串长度不应超过 4.0 m。

6.3 参数计算

6.3.1 注入/压降试井

6.3.1.1 测试时间

注入时间按探测半径不小于 10.0 m 进行设计。要求注入时间应大于井筒储集结束时间,否则应增大注入时间,保证 $t_{inj} > t_{wb}$ 。

关井时间不应低于注入时间的 2 倍。

注入时间计算公式见式(1):

$$t_{inj} = \frac{69.4 \phi \mu C_t r_i^2}{K} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

t_{inj} ——注入时间,单位为小时(h);
 ϕ ——孔隙度,无量纲,以小数或%表示;
 μ ——流体黏度,单位为毫帕秒(mPa·s);
 C_t ——综合压缩系数,单位为每兆帕(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)。

井筒储集时间计算公式见式(2):

$$t_{wb} = \frac{2 \ 210 \mu C_s e^{0.14S}}{Kh} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

t_{wb} ——井筒储集时间,单位为小时(h);
 S ——表皮系数,无量纲;
 C_s ——井筒储集系数,单位为立方米每兆帕(m³/MPa);
 h ——煤层有效厚度,单位为米(m)。

6.3.1.2 地面最大注入压力

地面最大注入压力设计以不压开煤层为前提,计算公式见式(3)、式(4):

$$P_{inj} = P_{max} - P_h \dots\dots\dots (3)$$

$$P_{max} = 0.8 P_b \dots\dots\dots (4)$$

式中:

P_{inj} ——地面最大注入压力,单位为兆帕(MPa);
 P_{max} ——最大注入压力,单位为兆帕(MPa);

P_h ——静液柱压力,单位为兆帕(MPa);
 P_b ——煤层破裂压力,单位为兆帕(MPa)。

6.3.1.3 注入排量

选择注入排量的前提,是确保在注入阶段将注入压力控制在设计值以下,计算公式见式(5):

$$q_{inj} = \frac{0.471Kh(P_{max} - P_i)}{B\mu \left[\log \left(\frac{8.085Kt_{inj}}{\phi\mu C_t r_w^2} \right) + 0.87S \right]} \dots\dots\dots(5)$$

式中:
 q_{inj} ——注入排量,单位为立方米每天(m³/d);
 P_i ——原始储层压力,单位为兆帕(MPa);
 B ——流体体积系数,无量纲;
 r_w ——井筒半径,单位为米(m)。

6.3.2 原地应力测试时间

采用微型压裂法将煤层压开,应至少进行注入/关井四个循环测试,具体要求见表 1。

表 1 原地应力测试时间

循环	持续注入时间/min	关井时间/min
1	0.5	20
2	1.0	30
3	2.0	30
4	4.0	40

7 施工程序

7.1 测试准备

- 7.1.1 通井循环,确保测试管柱起下畅通无阻,井底干净,测试段完全裸露。通井循环钻井液要求按照 DZ/T 0250 执行。
- 7.1.2 试井设备检查、连接。
- 7.1.3 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,筛管底部位置应处于测试煤层中下部。
- 7.1.4 配置下井测试管柱,记录每一部件的名称及尺寸。

7.2 施工步骤

7.2.1 测试管柱下井

压力计数据采集编程,在通过检验程序后,装入压力计托筒或采用钢丝绞车下入;下井过程应平稳,油管连接丝扣应拧紧,防止渗漏;管柱下至预定深度后,校正下入管柱的长度,确认深度无误;记录内容按附录 A 表示。表 A.1 表示下井测试管柱数据。

7.2.2 安装和连接地面装置

安装井口装置,连接地面测试管汇。

7.2.3 测试管柱试压

试压压力应大于设计的地面最大注入压力,稳压 20 min 为合格。

7.2.4 置换钻井液

选择清水置换出管柱内及测试段附近的钻井液。

7.2.5 封隔器坐封

根据封隔器的型号及坐封方式,选择合适的坐封参数,进行封隔器坐封;检验封隔器坐封情况,确认坐封效果良好。无论选择哪种测试方案,封隔器底部应处于目标煤层顶部 2.0 m 之内,尽量减少测试段的无效长度。

7.2.6 平衡压力

注入前关井 2.0 h~4.0 h,静置,平衡井底压力。

7.2.7 注入/压降测试

7.2.7.1 注入

依据设计的压力、排量及时间,选择清水进行注入;按附录 B 记录测试原始数据,记录时间间隔不大于 10 min。注入过程中要求注入排量波动值不超过 10%,井口压力控制在所设计的地面最大注入压力值以下。在注入/压降测试之前应安排一次微破裂实验,为确定地面最大注入压力提供依据。

7.2.7.2 关井

注入结束后,采用井下关井,同时关闭井口阀门,观察井口压力变化,以检验井下关井工具密封情况;按设计的关井时间进行压降测试。

7.2.7.3 现场数据检验

注入/压降测试结束后,现场录取数据,经检验数据合格后备份。

7.2.8 原地应力测试

根据原地应力测试设计要求,在保持注入排量不变的情况下进行至少四个循环测试,并按附录 C 记录测试原始数据;测试结束后,现场录取数据,经检验数据合格后备份。

7.2.9 起管柱

封隔器解封,起管柱。

8 数据记录及采集

8.1 现场作业记录

8.1.1 下井测试管柱数据

下井测试管柱数据记录内容按附录 A 表示。

8.1.2 现场测试原始数据记录

现场测试原始数据记录内容按附录 B、附录 C 表示。

8.1.3 现场测试工作记录

记录现场测试的日期、时间、施工情况及工作内容等信息。

8.2 压力计数据采集

8.2.1 数据采集

电子压力计的压力、温度数据点采集要求见表 2。

表 2 压力计数据采集要求

测试阶段		注入/压降测试	原地应力测试
管柱起下阶段		不大于 60 s	不大于 60 s
注入阶段		10 s~20 s	1 s
关井阶段	初期 3 h	3 s	1 s
	中期 5 h	5 s	
	后期	10 s~20 s	

8.2.2 备份要求

压力计采集的全部原始数据应以电子文件的形式进行备份,并注明井号、测试层位、测试日期、压力计编号、施工单位等信息。

9 试井资料解释

9.1 基本图件绘制

- 9.1.1 注入/压降测试实测压力温度曲线。
- 9.1.2 注入/压降测试解释流量段划分曲线。
- 9.1.3 注入/压降测试半对数分析图。
- 9.1.4 注入/压降测试双对数分析图。
- 9.1.5 注入/压降测试压力历史拟合分析图。
- 9.1.6 原地应力测试实测压力曲线。
- 9.1.7 原地应力测试闭合压力分析图。

9.2 试井解释基本参数选值

基本参数值包括流体压缩系数、流体黏度、流体体积系数、综合压缩系数、煤体孔隙度及煤层有效厚度、煤层中部深度、注入时间、关井时间、注入排量等。

9.3 注入/压降测试资料分析

9.3.1 分析模型选择

依据双对数曲线的图版特征确定所选用的分析模型。

9.3.2 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,应采用半对数法进行分析,计算有关参数。

9.3.3 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,使其达到最佳拟合,求取有关参数。

9.3.4 结果检验

9.3.4.1 一致性检验:常规试井解释法与典型双对数曲线拟合解释方法所分析的结果应相符,其差值应小于 10%。

9.3.4.2 可靠性检验:进行压力拟合曲线和实测压力曲线对比,曲线重合,说明分析结果可靠,否则应重新选择模型分析。

9.4 原地应力测试资料分析

在原地应力测试的四个循环中,选取破裂、闭合效果好的 1 个~3 个循环进行分析,分析方法可采用双对数法或者时间平方根法。

10 试井报告

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) 试井施工过程;
- f) 试井分析方法和分析结果;
- g) 质量评述;
- h) 附表、附图。

附 录 A
(规范性)
下井测试管柱数据记录表

下井测试管柱数据按表 A.1 记录。

表 A.1 下井测试管柱数据记录表

井号：

煤层:

测试日期：

[illegible]

记录：

审核：

第 页/共 页

