

煤层气测试方法的分析评价

赵培华¹ 刘曰武² 鹿 倩¹ 方惠军³ 蒋 华⁴ 韩旭东⁴ 芦 梅⁴

(1. 中石油煤层气有限责任公司 北京 100028; 2. 中国科学院力学研究所 北京 100190;
3. 中国科学院广州地球化学研究所 广东广州 510640; 4. 大港油田测试公司 天津 300270)

摘要 煤层气测试方法是目前能够准确获取煤层参数的有效动态方法之一,它既可以定性也可以定量对煤层进行分析评价,它在确定煤储量基本参数方面具有明显的优势,其主要目的是获取储层的评价参数。从实际应用的角度,重点介绍了煤层气井常用试井方法。这些方法主要包括 DST 测试、段塞测试、注入/压降测试、水罐测试和压降测试方法等。由于煤层气在储集、运移、产出机理方面与常规油气之间存在明显差异,这些试井技术的应用有一定的局限性。通过对各种试井测试方法的优缺点、适用范围的研究评价,说明了煤层气测试在不同开发阶段的特征,探讨了不同阶段试井测试方法的改进途径,明确指出了在煤层气勘探开发中的测试方法及测试资料分析方法的方向。

关键词 煤层气 试井 测试方法 资料分析方法 发展方向

0 引 言

我国属于煤层气资源比较丰富的国家^[1,2],全国陆上煤田 2000 m 以浅的资源量为 $36.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。要合理开发煤层气资源必须深入了解煤层气储层的特征。因此,无论是煤层气的勘探还是煤层气的开发都离不开煤层气试井,尤其在煤层气开发的中后期,由于煤层气大量解吸,气液两相流动使煤层中的流动复杂化,如何对煤层气的排采状况进行定量和定性评价、确定煤层基本参数变化、获取储层的评价参数,成为煤层气井试井所必须解决的问题。

目前,煤层气常用的试井方法主要有注入/压降测试、DST 测试、段塞测试、水罐测试、压降/压恢测试、干扰测试等,而注入/压降测试在目前煤层气测试中应用比较普遍。由于我国煤层气的开发尚处于初期阶段,测试工作的认识还不成熟,因此有必要对国内外的测试技术进行较为全面的介绍和分析评价。

本文从实际应用的角度,重点介绍了常用煤层

气井测试方法,包括 DST 测试、段塞测试、注入/压降测试、水罐测试、压降测试方法等。通过对各种试井测试方法的优缺点、适用范围的研究评价,说明了煤层气测试在不同开发阶段的特征,探讨了不同阶段试井测试方法的改进途径,明确指出了在煤层气勘探开发中的测试方法及测试资料分析方法的方向。

1 测试方法分析评价

1.1 注入/压降法测试

注入/压降测试方法是以一定排量将水注入地层一段时间,然后关井进行压力恢复测试。注入/压降测试方法在煤层气井中应用相当广泛,适用于各种煤层气井。1989年,Taurus公司首先采用注入/压降试井对煤层气井进行常规测试,确定储层渗透率。一般在对井增产处理前进行测试。

1.1.1 原理

注入/压降试井方法是一种单井压力瞬变测试方法,它是以稳定排量以及低于煤层破裂压力的注入压力将水注入储层一段时间,再关井进行压力恢

[基金项目] 本研究得到国家重大专项“大型气田及煤层气开发”专项支持,课题编号 2009ZX05038001。

[作者简介] 赵培华,男,高级工程师,主要从事煤层气藏工程及科研管理工作。

[联系作者] 刘曰武,男,研究员,主要从事渗流力学及油气藏工程方面的研究工作。地址:北京市北四环西路 15 号力学所,邮政编码:100190。

复测试,使压力与原始储层压力逐渐平衡。注入和关井阶段均采用压力计记录井底压力随时间的变化。由于现阶段注入过程中设备等客观条件限制,稳定排量的控制比较困难,这就造成测试井井下压力数据的波动。因此,试井测试关井降压阶段的压力数据分析通常最具代表性。通过分析压力数据,可求取煤储层的参数。它适用于高、中、低压储层,是目前煤层气井测试中最常用的方法。

注入/降压试井测试是认识煤层气储层参数的重要方法,其基本方法是将测试管柱、封隔器及压力计等测试工具下入井内预定位置,采用小型注入泵以恒定的排量向煤层中注水一段时间,在井筒周围产生一个高于原始储层的压力分布区,然后开井,使注水压力与原始储层压力逐渐趋于平衡。注入和关井阶段采用压力计记录井底压力随时间的变化,从而测得各阶段煤层的响应参数。注入和降压阶段的数据都可用于分析、求取储层参数。井下关井技术的应用是注入/降压试井的重要技术环节之一,它是获取高质量试井成果的前提和保证。

1.1.1.2 测试设备

注入/降压法煤层气的试井设备有:泵注系统,主要包括注入泵、调速电机、水罐、高压管汇、压力安全阀、流量调节阀、压力表、供水泵等;绞车系统,包括电机、滚筒、钢丝、计数器等;井口装置系统,主要由井口三通、防喷管、防喷头、手油泵等组成;井下关井系统,主要包括绳帽、加重杆、震击器、万向节、平衡阀、关井阀、密封座节等;管柱及封隔器等系统,主要包括油管、膨胀式封隔器、塞管、高精度电子压力计等。总的可以划分为地面设备和井下设备两大部分,其组成示意图如图 1 所示。

1.1.1.3 测试过程

1.1.1.3.1 测试管柱下井

按测试要求和现场实际情况连接下井管柱,记录每一个部件尺寸,以及下井油管的数量和长度,以确保测试过程的顺利进行。

1.1.1.3.2 安装和连接地面装置

管柱下至预定深度后,校正下井管柱的长度,确保深度无误后,安装井口设备,连接地面测试管柱。

1.1.1.3.3 测试管柱试压

实施井下关井,对测试管柱进行试压,确保管柱密封良好。保压 30 min(尽可能 30 min 以上),以保证管柱的密封性。

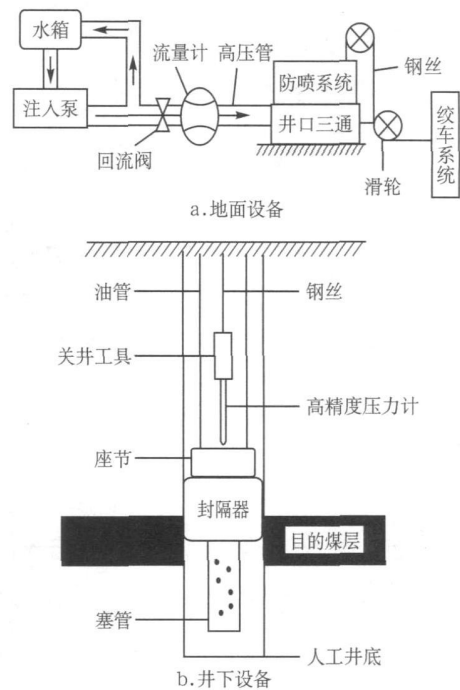


图1 注入/降压法煤层气试井设备示意图

1.1.1.3.4 顶替和封隔器坐封

根据管柱体积来计算顶替容积。根据封隔器的型号及坐封形式,实施封隔器坐封,并检验封隔器坐封情况,记录压力的变化和坐封压力。

1.1.1.3.5 压力计编程

针对不同测试阶段,压力、温度数据点的采样时间间隔要求不同,压力计数据录取编程情况分别为:

- ①下井阶段:不大于 60 s 采集一个数据点。
- ②注入测试阶段:每隔 5~10 s 采集一个数据点。
- ③降压初期:每 2~20 s 采集一个数据点。
- ④降压后期:每 30 s 采集一个数据点。

1.1.1.3.6 注入煤层气试井测试

通过向测试目标煤层注水,产生一个压裂煤层的瞬时压力脉冲,注入时间一般控制在 10 h(可以根据实际情况进行调整),完成注入时间后实行井底关井,并且利用压力计和流量计记录压力变化和注入排量。

1.1.1.3.7 降压法煤层气试井测试

井底关井进行降压测试 20 h(可以根据实际情况进行调整)。测试结束后,现场录取压力计数据,处理数据,并求取煤储层参数结果。

1.1.4 测试数据及解释

注入/降压试井的注入量和压力响应情况如图 2 所示,压力双对数曲线如图 3 所示。这些试井数

据很难用常规试井分析法进行解释,必须采用煤层气井试井分析的专用模型才能进行分析评价。这是目前注入/压降试井所要解决的关键问题之一。

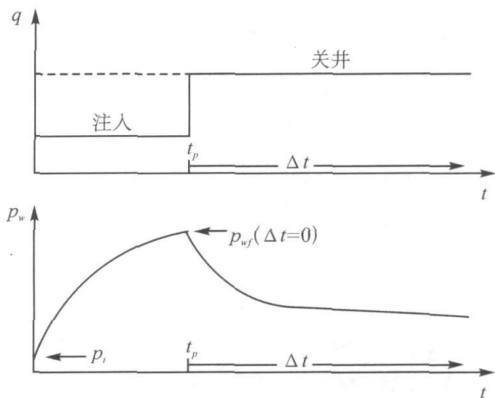


图2 注入/压降试井的注入量及井底压力变化

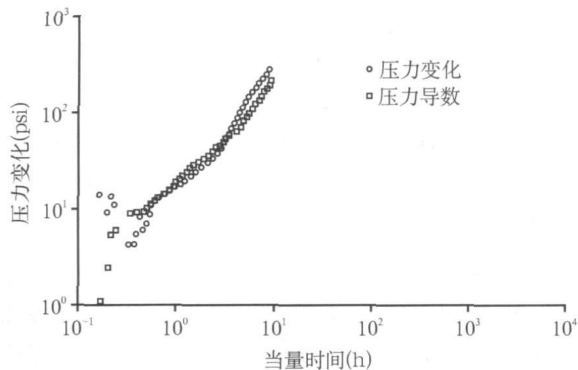


图3 实测资料双对数曲线图

1.1.5 主要优缺点

主要优点在于: ①流体的注入提高了地层压力,保证了在测试过程中为单相流;它适用于负压、正常压力和超压等各种情况的煤层气井; ②不需要井下机械泵送设备,简化了操作步骤,降低了成本; ③可以用标准试井分析方法来分析,结果比较可靠; ④探测半径较大,时间相对较短。

其缺点主要是对于低渗透率煤层很难进行,因为要保持非常低的注入排量。所以,在采用注入/压降方法时,必须预防以下两点: ①地层伤害。由于注入的流体可能与地层的化学环境不相容,发生反应;有可能注入了会堵塞储层孔隙的微粒。因此,把取自被测试层位的地层水回注到测试井中是最理想的,至少应当采用与地层和气藏流体相容的淡水。②压开地层。如果注入过程中排量控制不好,使井底压力超过了测试层的破裂压力,就可能压开地

层,产生裂缝,这种裂缝的产生被认为是自然渗透率或井筒伤害的假象,使测试结果不可靠。因此,在注入/压降过程中,一定要保证井底压力低于地层破裂压力。

1.2 钻杆(DST)测试

DST 测试是利用钻杆地层测试器进行,依靠地层流体的流动、产出和压力恢复的过程求取地层参数的方法,是认识测试层段的流体性质、产能大小、压力变化和井底附近有效渗透率,以及目的层段被污染状况的常用手段。煤层气井 DST 测试目的与常规油气井有些不同,由于煤层气多以吸附状态存在于煤储层中,因此煤层气井 DST 测试主要是了解煤储层中水的能量、割理的渗透能力、储层压力以及判断原始游离气是否存在,为下一步的改善措施提供参数依据。DST 测试方法常用于渗透率和储层压力较高的储层中。

1.2.1 DST 测试设计

DST 测试中所考虑的主要因素是开关井时间的分配及液垫的选择^[3]。

1.2.1.1 开关井时间设计

在煤层气试井测试中,DST 测试采用二开二关的工作制度。在施工过程中,尤其应严格控制开井时间,防止出现流平(即关井前液面已停止上升)的情况。初开井的时间一般为 5~30 min,目的在于通过强烈引流消除井壁污染;初关井的时间一般为初开井时间的 4~8 倍,目的是求取准确的原始储层压力;终开井的时间可根据储层条件而定,尽可能达到稳定生产,一般选择 3~8 h,其目的是得到地层产能;终关井的时间至少是终开井时间的 1.5 倍以上,以获取地层压力恢复资料。

1.2.1.2 液垫的设计

测试中液垫及其压力的大小特别重要。使用液氮作液垫,既可避免因煤层压力低,用水作液垫不易排出的缺点,又能避免收集不到可供分析的数据,同时也可避免所取的流体样品受到污染。液垫压力以小于煤层压力的 0.7~1.4 MPa 为好。

1.2.2 DST 测试设备

DST 测试地面设备主要有:井口控制头、活动管汇、钻台管汇、井口显示头、压力表等。

对于裸眼井,通常采用的下井测试管柱自下而上顺序为:保护接头+调节钻铤+重型筛管+裸眼封隔器+安全密封+安全接头+振击器+压力计托

筒+ 裸眼旁通+ MFE+ 钻铤+ 反循环接头+ 钻杆+ 井口控制头。

对于套管井, 通常采用的下井测试管柱自下而上顺序为: 死堵+ 机械压力计+ 筛管+ P-T 封隔器+ 电子压力计托筒(电子压力计在内)+ 锁紧接头+ MFE+ 油管+ 反循环接头+ 油管。

1.2.3 DST 测试施工步骤

1.2.3.1 工具下井前

丈量需要使用的管柱及测试工具的长度、电子压力计编程、机械压力计时钟上弦、准备好液垫等。

1.2.3.2 测试工具下井

①测试管柱要按设计要求的管柱组合连接、涂抹丝扣油, 上紧扣, 不得猛刹猛放。②按设计要求加入一定数量的测试液垫。

1.2.3.3 测试过程

①下完测试管柱, 装钻台及地面设备; ②探井底两次, 每次加压不超过 5 t; ③量好方余、坐封封隔器; ④观察环空, 一旦环空液面下降很快, 要立即操作, 上提管柱关井解封, 及时补充压井液; ⑤根据测试设计结合现场实际, 把握井底开关井; ⑥测试完毕后解封, 起钻; ⑦回放电子压力计数据, 求取各项参数。

1.2.4 DST 测试难点分析

油气深井测试的地层深度一般为煤层气井测试的十几倍, 因煤层埋藏浅, 地层压力、环空液柱压力、管柱悬重等相对小得多, 在测试中产生了不少困难。

(1) 封隔器上下压差小, 难以坐封。封隔器坐封后, 作用于胶筒面积的上下压差小, 产生向下的力很小, 操作时胶皮瞬时收缩, 瞬时解封。

(2) 操作 MFE, 封隔器解封。由于环空液柱压力小, 操作 MFE 时, 只能产生 0.1~0.2 t 与操作方向相反的力, 这个力远远不能维持封隔器坐封, 因而造成操作 MFE 时, 封隔器瞬时解封。

(3) 达不到滑阀工作压力, 封隔器解封。浅层煤层气测试过程中, 压井时通常是清水或比重很低的泥浆。当开井后, 地层流体很快充满管柱内容积, 内外压差消失或很小, 达不到滑阀工作压力 0.105 MPa, 安全密封滑阀起不到锁定作用。因而, 在测试操作过程中, 封隔器没有任何锁紧力, 操作时封隔器随之而动, 出现瞬时解封。

(4) 管串下移, 曲线异常。煤层埋藏很浅, 低压和煤层质地松软, 在单封支撑坐封测试时, 在 MFE

开井瞬间自由下落产生 3~5 t 冲击力, 容易造成整个管串下移, 瞬间挤压, 曲线异常。

(5) 自由点不明显, 失误解封。在浅井里, 特别是煤层测试, 多数用的是钻杆, 操作时基本没有明显的悬重变化过程, 自由点很不明显, 有时就根本见不到, 往往出现失误造成瞬时解封。

(6) 悬重轻, 开井困难。压力低, 机械压力计难分辨。煤层气井压力特别低, 机械压力计很难分辨和读卡。

1.3 罐测试

罐注入测试是一种适用于高渗透、压力低于静水柱压力、水饱和煤岩层的测试方法, 也可以说是一种简化的注入/压降测试方法。与注入/压降测试相比, 罐注入测试使用成本较低的罐来代替注水泵, 无需确定注入量的多少, 只需确定罐的大小。它一方面节约施工成本, 避免了地层被压开; 另一方面可以考虑较长注入时间, 获得较大的探测半径。

这种测试依靠罐内高液面所产生的重力差, 向地层内连续注水。罐内的压力用不断加水来维持, 向罐内加水要迅速, 并在加水前和加水后准确计量水位高度, 以使用液面精确计量注入量, 也可同时用流量计来记录。

测试可采用普通压力计和小直径油管进行, 也可采用电子压力计和井下关井工具来进行。测试装置如图 4 所示。

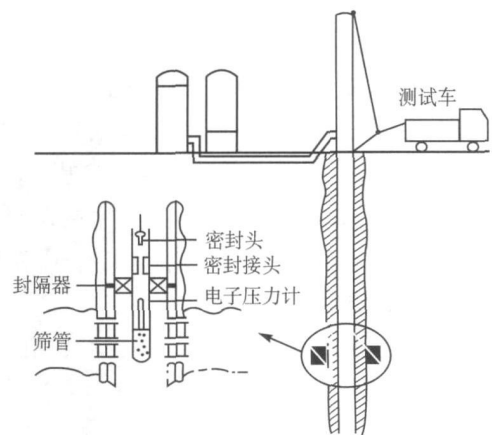


图4 电子压力计和井下关井工具的测试装置

1.4 段塞测试

段塞测试通过瞬时向井筒加入流体或从井筒抽出一定体积的流体, 然后测量恢复过程中压力随时间的变化, 直至达到地层初始压力, 由此求取渗透率、井筒储集系数和表皮系数等参数。段塞测试常

用于评价饱和水且原始地层压力低于静水柱压力的煤层。

1.4.1 段塞试井的适用性

Ramey 等人认为, 段塞试井是确定地层渗透率、评估井眼储存和表皮效应的一种很有用的方法, 它通过瞬时从井筒中抽汲(或注入)一定量的液体来测量液面恢复静止后的压力响应。图 5 是一些典型曲线, 将实测点与典型曲线拟合, 能很方便地确定地层渗透率、评估井的损害程度。Way 等人对各种单井和多井试井方法进行分析研究后认为, 段塞试井特别适用于煤层气藏, 且详细介绍了段塞试井的实施和数据分析, 举例说明了段塞试井数据的分析。

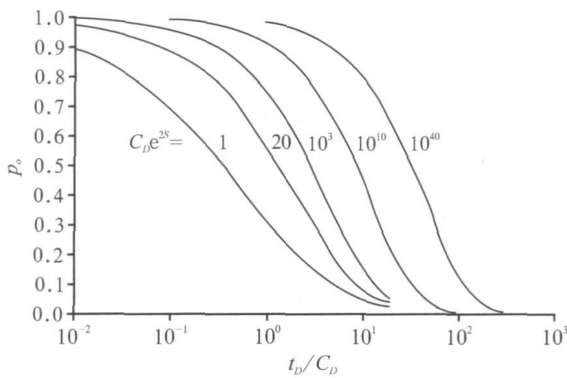


图5 段塞试井典型曲线

段塞试井由于不需要钻观察井, 测试时间较短, 因此一般成本较低。测试时间随渗透率的降低而增加, 由于煤层渗透率一般低于 50 mD, 因此测试时间将是一个重要因素。段塞测试的时间主要与测试管径和地层渗透率有关。对于高渗透率地层, 选择小直径油管进行测试, 在满足资料分析的前提下, 可缩短测试时间, 降低成本; 对于低渗透率地层, 选择大直径油管进行测试, 通过延长测试时间, 扩大探测半径, 尽可能获取反映储层的信息。

段塞试井所需井下和地面设备较少, 没有流量控制机理, 并且由于只需要测试法的 $1/3 \sim 1/5$ 的时间, 故对其它井场活动的影响也最低。

1.4.2 段塞试井的实施

段塞试井作业简单, 有 3 个基本要求: ①测试层段要分开; ②段塞要瞬时注入或排出; ③在液面恢复平衡过程中测试水量。

测试层段应尽可能定为煤层目的层。由于对段塞的影响是按整个测试层段平均, 如果测试煤层夹

有砂岩或页岩, 就会造成对数据解释的不确定性。如果夹层渗透率比煤层高的多, 将会掩盖煤层的真实渗透率。层段隔离方法有: 在煤层下套管并射孔, 在煤层下套管并保持井眼打开, 在裸眼煤层段下入封隔器或底部封隔器, 或者采用现有完井方法的任何一种。

在任意情况下, 可能都需要下入封隔器, 因为测试时间取决于测试过程中水面下降或上升达到的套管(油管)半径以及煤层的渗透率。套管半径越小, 测试时间越短。因此, 对低渗煤层来说, 小半径油管对在合理时间内段塞试井尤其重要。图 6 是段塞试井井身配置的示意图。

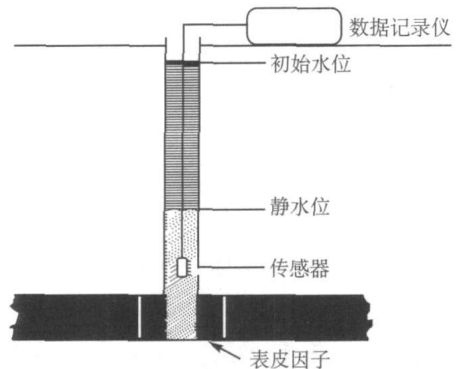


图6 典型段塞试井井身配置图

在开始注入段塞测试前, 井眼恢复静态需要一段时间。完井、洗井和测试层段隔离后, 应该休息几天, 这段时间取决于渗透率, 直到液面变化很小时才开始监测水量。

根据煤层渗透率的不同, 在一典型煤层的段塞试井时间为几小时到几天, 在极致密煤层甚至更长。段塞注入或排出的“瞬时”可能达到 1 min 而不会影响结果。在很多情况下, 只简单地将罐车开到井场, 打开阀门将水灌入井眼, 进行段塞试井就可以。

1.4.3 段塞试井数据分析

通过使用计算机软件对原始数据进行处理, 得出标准半对数图和报表式表格输出, 可以简化段塞试井分析。目前, 正在编制其他软件以对原始数据进行处理, 并且将处理过的数据与典型曲线自动拟合, 然后计算渗透率和表皮因子等。段塞试井数据分析结果如图 7 所示。

段塞试井能为作业者提供有用信息, 降低在煤层气资源开发中的经济风险。段塞试井的主要优点是: 实施和数据分析简单易行; 所需设备最少; 测试时间短; 成本低; 实用可靠等。

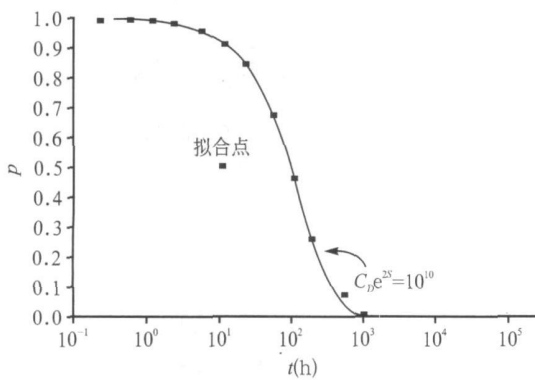


图7 段塞试井分析结果图

1.5 压降/压恢测试

压降/压恢测试适用于压力高、渗透性好、地下流体能产出地面的煤层。若初始条件下存在一定量的游离气,对于压降测试中气水同产的情况,应避免测试中流体饱和度发生较大的变化,并且最好在压降/压力恢复测试后接着进行注入/压降测试,以便提供比较准确的相渗关系曲线用于测试数据的分析。

在抽水压降测试中,为简化数据分析,提高分析结果的准确性,应选择好“时间窗”,尽量保持在单相流条件下进行测试。所谓“时间窗”,是指试井曲线上用来解释参数的有效时间段,一般指单相水的径向流段。在径向流段的前面,是井筒储集引起的续流段,后面是抽水造成的脱气解吸段。

扩大“时间窗”区间的具体方法是:①采用封隔器卡堵测试层上下的套管环形空间,并采用井下关井,以减小井筒储集系数 C 值,缩短井筒储集段,使曲线尽早出现径向流直线段;②控制井底压力和最大压力降,避免煤层压力低于平衡压力。允许的最大压力降可根据等温吸附曲线计算出的理论最大吸附气量与实测煤芯含气量推算;③通过软件计算选取适当的采出量 q ,使测试过程中的压力降小于允许的压降值,控制脱气的发生,保证时间窗后延。

如果在压降试井中存在自由气,从公式中求出的渗透率将是水的有效渗透率,而不是煤层的绝对渗透率。有效渗透率是煤层绝对渗透率和水的相对渗透率的乘积。因此,自由气饱和度和水的相对渗透率曲线常常是不可知的。所以,绝对渗透率也通常不能由有效渗透率求出。自由气对系统压缩系数也有一定的影响。当存在自由气时,系统压缩系数是孔隙体积压缩系数与液体饱和度和压缩系数之积的和再加上由于气吸附于煤表面引起的表观压缩系

数。Bumb, McKee, Bayles 和 Reznik 已对表观吸附压缩系数做了讨论,需要知道等温常数。根据经验,吸附压缩系数一般比系统压缩系数之和大两个数量级。系统压缩系数与表皮因子成对数关系。忽略吸附压缩系数将导致表皮因子值减小两个单位。也就是说,如果在压降试井期间存在自由气,并且忽略了吸附压缩系数,从试井中求出的表皮因子大约比实际值减小两个单位。举例来说,如果使用了正确的压缩系数, -3 的表皮因子实际上应该是 -1 。

煤层探井可以作为无限煤藏的单井处理。另外,根据经验,在已开采的煤层气田,邻井生产一般不会对一口新加密井产生影响,除非邻井已投产多年,并且已将新井的煤层气采空。许多情况下,加密井可以视为开采无限储藏的单井。在这种情形下,原始储藏压力可以从当量时间(注入时间)的半对数图中求出。

根据对新煤层井进行的模拟和实际的压降试井,可以得出以下四点结论:①现有的水注入/压降试井能用于在水饱和煤层完井的新煤层井。②从试井中可以得出煤层绝对渗透率、井眼表皮因子和原始储层压力。这些参数对决定从煤层开采甲烷气的经济性十分重要。③推导出了所需关井时间的关系式,该关系式对在新煤层井中进行压降试井设计是有用的。④自由气的存在对煤层压降试井的双对数图有重要影响。根据受自由气影响的试井数据求出的渗透率和表皮因子偏低,储层压力也不正确。

1.6 干扰测试

井间干扰试井的目的是为了评价煤层的连通性和非均质性。井间干扰试井资料在优化井网、提高煤层气采收率方面十分有用。常规各向异性油气藏干扰试井的测试方法可用于水饱和或井间流体饱和度变化梯度小的两相煤储层。

理论上讲,要确定一个各向异性地层的最大、最小渗透率的方向性,至少需要三口不在一条直线分布的观察井。对煤储层而言,其最大、最小渗透率的方向可通过定向全直径取芯的裂缝描述来确定,且面割理和端割理间的夹角一般为典型的 90° 。因此,只在面割理和端割理方向上有两口观察井,便可确定出最大、最小渗透率的大小。

单井测试资料求出的参数在干扰试井设计中特别重要。根据单井试井求出的平均渗透率可估算测

试时间和激动井的产量或注入量。设计中还需考虑激动井和观察井的井筒储集和表皮损害的影响。

在干扰试井的实施中,对激动井和观察井应采用井下封隔及关井技术,减少井筒储集造成的影响。另外,测试使用的压力计必须是高精度的电子压力

计,确保录取高质量的压力数据。

2 常规试井方法的比较与选择

通过对各种分析方法的研究和讨论,将各种常用煤层气井测试方法进行对比,情况如表 1 所示。

表 1 常用煤层气井测试方法的优缺点及适应性对比表

测试方法	优 点	缺 点	适用范围
注入/压降测试	保证了在测试过程中为单相流;探测半径较大;时间相对较短;可以用标准方法进行分析	成本高;控制稳定注入排量困难;存在压裂地层的危险	适用于各种情况下的地层;对于低渗透率的地层要延长测试时间;对于低压层需要采用井底关井
DST 测试	费用相对低;施工简单;可以对所有的产层进行测试;主要用来获取地层的潜力资料	探测半径较小;生产时间短而不稳定;开关井时间分配较困难;容易出现两相流使试井解释复杂	适用于储层压力高、渗透性好的地层,且存储压力与临界解吸压力的压差较大
水罐测试	测试简单;成本低;测试成功率高;对有效渗透率测试准确;避免了地层的压裂	不能用于高压层;对低渗透率施工困难;测试时间较长	适用于低压、渗透性较好的地层
段塞测试	费用较少;方法简单,容易施工	测试时间较长;探测半径有限;储层必须是低压的;不适用于两相流;很难解释储层的非均质性;解释是不唯一的	适用于低压、渗透性较好的地层
压降/压恢测试	费用较少;方法简单;避免压裂地层	要保持在单相流状态下;得选择好“时间窗”	适用于高压、渗透性好的地层
干扰测试	评价煤层的连通性和非均质性;得出最小渗透率和最大渗透率	测试必须使用高精度电子压力计	适用于评价煤层的连通性和非均质性测试

煤层气井试井方法的选择除受测试井的井况制约以外,煤层的渗透率、储层压力及地层流体性质是确定测试方式的关键因素。煤层气测试方法的选择原则如下:对于储层压力较高、渗透率比较好且地层流体能够产出到地面的煤层,可选择工艺简单的 DST 测试方法和压降/压力恢复测试;如果地层流体不能产出到地面,则选择注入/压降测试方法。对于渗透性好的低压煤储层,可选择操作简单、费用低廉的水罐测试方法。对于低压低渗的煤层,选择注入/压降试井方法,可以提高测试成功率,能够获取可靠的储层参数。

由于注入/压降测试适合各种情况下的地层,而我国煤储层具有低压、低渗的特点,故注入/压降测试是运用最多的试井测试方法。

3 结 论

(1)对目前煤层气井测试方法、设备及测试工艺进行了全面的分析评价,指出了每种测试方法的优缺点及其适用范围,提出了不同阶段使用不同测试方法的技术观点。

(2)在综合评价各种测试方法的基础上,给出了不同情况下的煤层气测试方法的选择原则。

(3)在综合评价各种测试方法的基础上,给出了不同煤层气测试方法的发展方向,并认为注入/压降试井将会在国内外的煤层气井测试中被最广泛的应用。

致 谢

本项目得到国家重大专项“大型油气田及煤层气开发”专项的支持,课题编号 2009ZX05038001,感谢中石油煤层气有限责任公司允许本论文的发表。

参 考 文 献

- [1] 赵庆波,等.煤层气地质与勘探技术.北京:石油工业出版社,1999.
- [2] 赵庆波,刘兵,等.世界煤层气工业发展现状.北京:地质出版社,1998.
- [3] 韩永新,刘振庆.煤层气试井测试方法.油气井测试,1997,6(3):59-63.
- [4] 胡文瑞,翟光明,等.非常规油气勘探开发新领域与新技术.北京:石油工业出版社,2008.

本文收稿日期:2010-11-26 编辑:王 军

WELL TESTING (YOUQIJING CESHI)

Vol. 19 No. 6 (Serial No. 123) 2010

Abstracts

Significance of Well Testing of Coalbed Methane. 2010, 19(6): 1~ 5

Zhao Peihua, Lu Qian (Coalbed Methane Ltd. Company, Petrochina), Liu Yuewu (Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences), Xu Jianping, Jiang Hua, Han Xudong (Well Testing Company, Dagang Oilfield)

By analyzing the key cognition on CBM well test both at home and abroad, the fundamental view points are introduced in this paper. The importance of researching the well test technologies are discussed from different points, such as understanding the coalbed characteristics and the coalbed dynamic changing, evaluating the stimulating effect, determining the suitable flowing pressure, etc.

Key words: coalbed methane, well test, coalbed, two phase flow

Differences of Well Testing Between CBM and Conventional Gas Well. 2010, 19(6): 6~ 11

Liu Yuewu (Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences), Zhao Peihua, Lu Qian (Coalbed Methane Ltd. Company, PetroChina), Fang Huijun (Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences), Xu Jianping, Jiang Hua, Lin Xuemin (Well Testing Company, Dagang Oilfield)

The analysis results of well test data are significant important for ascertaining the well completion method of CBM and arranging the development plan. The purpose of this paper is to solve the well test problems that CBM test process and data analysis method only use all be used for the conventional gas by now. The coalbed is distinctly different from the conventional gas reservoir (e. g. sand formation) in aspects of component, structure, physical and dynamics property. The storage form and production mechanism in CBM are intrinsic different from that in conventional gas. In order to get the accurate parameter and evaluate coal bed exactly, the related theoretical approach for CBM well test which is known less must be researched. Therefore, comparing the CBM well test with the conventional natural gas test, characteristics of CBM well test are proposed in the paper. The paper discussed the fundamental reasons of difference between CBM well test technology and conventional gas, which was researched in reservoir characteristics, storage characteristics, fluid distribution characteristics in various stage and so on. The distinction of CBM test technology and conventional natural gas was analyzed in detail from test method, test technics, interpretation model to material analytic method. The research results have positive significance to comprehend and understand CBM well test adequately.

Key words: CBM well, oil and gas well, well testing

Evaluation of CBM Well Test Methods. 2010, 19(6): 12~ 18

Zhao Peihua, Lu Qian (Coalbed methane Ltd. Company, Petrochina), Liu Yuawu (Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences), Fang Huijun (Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences), Jiang Hua, Han Xudong, Lu Mei (Well Testing Company, Dagang Oilfield)

The purpose of CBM well test is to obtain physical parameters of coalbed which can provide scientific fundamental data for exploration and development of CBM and evaluation of production potential. CBM well test method is one of effective dynamic methods which is able to obtain coalbed parameters accurately, and can be used to analyze and evaluate coalbed qualitatively and quantitatively. This method has obvious advantages in determining the basic parameters of coal reserves, whose primary goal is to obtain evaluative parameters of coal reservoir. This paper focuses on CBM well test methods from the practical point of view. Those methods include mainly DST Test, Slug Test, Injection/Falloff Test, Tank Test, Pressure drawdown/buildup Test and so on. Because CBM is different from conventional gas well in storage, migration, and production mechanism, the conventional well test methods have some limitations in CBM well test. By comparing the advantages and disadvantages, range of application of well test methods, the characteristics of CBM well test are analyzed in detail and the ways to improve the well test methods in various developing stages are discussed in this paper, and pointed out the direction of well test and test data analyzing method in CBM exploration and development.

Key words: CBM, well testing, test method, material analytic method

Study on Equipment and Process in Injection/Falloff Test in Coalbed. 2010, 19(6): 19~ 22, 36

Liu Yuewu (Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences), Fang Huijun (Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences), Xu Jianping, Lin Xuemin, Lu Mei (Well Testing Company, Dagang Oilfield)

The basic theory, test method, equipment, test process, test data analysis of injection/falloff well test are introduced in detail in this paper. The advantages and disadvantages are analyzed. Based on the fundamental theory, discussed the problems on injection/falloff test designing, equipment, and test data analysis method and so on, point out the developing trend of the injection/falloff test.

Key words: coalbed methane (CBM), well test, equipment, process, injection/falloff

Why Coalbed Methane Is a New Clean Efficient and Safe Energy. 2010, 19(6): 23~ 28

Su Zhongliang, Liu Yuewu (Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences), Zhang Junqing (International Division, CNPC)

With the advent of low carbon economy time, coalbed methane (CBM), as is a clean, efficient and Safe energy, is paid more and more attention. By comparing the components of energy resources such as coal, oil and conventional natural gas etc, the analysis base is buildup to verify