

# 非常规水平井地层测试技术研究与应用

于宗奎 张昌朝

(胜利石油工程有限公司井下作业公司 山东东营 257077)

**摘要** 非常规油气资源勘探开发的重要手段是钻探水平井,针对非常规水平井地层测试存在封隔器坐封密封困难、管柱入井难度大、测试压差选择困难等问题进行研究探讨,通过改进提放管柱坐封封隔器,优化管柱组合和施工工艺,形成了一套比较完善的适合胜利油田非常规水平井地层测试的工艺技术,现场应用7井次,工艺成功率100%,取得了良好的效果。

**关键词** 非常规水平井 钻杆地层测试 研究与应用

文章编号:1004-4388(2013)05-0056-02

中图分类号:TE353

文献标识码:B

## 0 引言

目前,非常规油气资源正成为中国油气勘探开发的重要关注对象。随着我国东部陆地油田常规油气资源进入开发后期,高含水、高采出程度、高采油速度以及越来越差的储量品位,使得油田开发和稳产难度日益加大。开展非常规油气藏勘探开发,尽快形成规模化接替阵地,是实现油田可持续发展的重要方向。胜利油田的非常规油气藏主要包括泥页岩油气藏和致密砂岩油气藏,多数采用水平井与水力压裂技术进行勘探开发。这类非常规水平井油气储层的自然产能、压裂改造效果、压裂方式及参数选择的合理性需要通过地层测试技术进行评价,开展非常规水平井地层测试技术研究探讨,配套非常规油气勘探开发适应性技术已成为必然选择。

## 1 技术难点

### 1.1 封隔器坐封、密封困难

在水平井测试中,随着井眼斜度、井深、水平段长度以及井眼轨迹螺旋度的增加,管柱向下部工具组合传递扭矩的能力下降,与测试工具相配套的旋转管柱坐封封隔器换位困难,坐封难度相当大,提放管柱坐封封隔器因重力作用会出现换位套随同芯轴滑动无相对运动而不换位坐封的情况。另一方面,由于这类压缩式封隔器的胶筒是靠挤压作用膨胀和在水平井段内不居中,导致封隔器密封压差能力降低。

### 1.2 测试管柱入井难度大

测试管柱进入水平井段后,管柱平躺在井内,与

套管壁的摩阻增大,底部管柱靠直井段管柱的重力推动前行,随着进入水平井段管柱的长度增加,需要的推力也增大,因此,要使测试管柱能顺利下入水平井内,首先要保证直井段内的管柱有足够的重量,否则管柱就无法下到预定深度。另一方面,由于测试工具的刚度较大,也会造成测试管柱在井眼曲率较大的水平井增斜井段下入困难。

### 1.3 测试压差的选择问题

对于非常规水平井进行射孔测试联作时,选择一个合适的测试压差至关重要。测试压差过低既影响射孔孔眼的清洁又能降低孔眼的流动效率;测试压差过大射孔时在瞬时大压降的脉冲扰动下,上覆岩石压力易使套管挤毁,疏松地层易坍塌出砂埋卡管柱,泥页岩地层的微细孔和缝隙易闭合使渗透率下降。

## 2 工艺技术

### 2.1 采用改进型提放管柱坐封封隔器

针对胜利油田非常规水平井高压和水平井段较长的特点,测试时选用提放管柱坐封封隔器并对封隔器进行了改进,将3个胶筒密封改为双胶筒密封并适当增大每个胶筒的长度以提高膨胀密封性,加装了与胶筒芯轴直接相连的水力锚,增大了芯轴壁厚以提高抗拉强度。坐封在水平井段时要在封隔器上下各配接一个扶正器,以保证封隔器在水平井段内居中。

### 2.2 进行模拟通井

在下射孔测试联作管柱之前下入模拟测试管柱进行通井,反复提放管柱,确定管柱在直井段和水平井段内的摩阻,验证射孔测试联作管柱能否顺利入

【作者简介】 于宗奎,男,高级工程师,一直从事地层测试技术管理工作。

井,确定有无足够的管柱重量来保证封隔器胶筒挤压膨胀。直井段内采用外径 88.9 mm、壁厚 9.52 mm 的油管以保证管柱重量和抗拉强度,水平井段内采用外径 73 mm 油管并将油管接箍车为斜台肩以减少与套管壁的刮碰,测试工具之间下入 1-2 根 73 mm 油管以降低工具串的刚度。

### 2.3 优化测试工艺

采用射孔与测试联作技术,选用压控式测试器 APR 工具,在确保施工安全和录取资料的前提下,要尽量减少入井工具,对高压地层采用 RD 安全循环阀作为井下关井阀,对常压地层采用 LPR-N 测试阀作为井下关井阀。根据室内岩心负压试验和测试资料统计分析,泥页岩水平井测试压差控制在 20 MPa 左右,致密砂岩水平井测试压差控制在 25 MPa 左右。尽量采取一开一关或二开一关测试制度,以缩短施工周期,确保封隔器密封和施工安全。

## 3 现场应用

自 2012 年至今,胜利探区共进行非常规水平井地层测试 5 口井 7 井次,测试一次成功率 100%,对非常规储层的自然产能、压裂改造效果进行了正确评价,达到了测试目的。

### 3.1 BYP1 井基本情况

BYP1 井是济阳坳陷沾化凹陷罗家鼻状构造带的一口重点预探井,钻探目的是了解该地区沙三下亚段泥页岩储集性能及含油气情况,探索页岩油气层的开发技术,评价水平井单井产能。油管套管为  $\phi 139.7 \text{ mm} \times 10.54 \text{ mm} \times 3748.86 \text{ m}$ ,人工井底 3719 m,造斜点井深 2492.36 m,最大井斜  $90.18^\circ$ ,水平井段长 604.82 m,测试井段 3665.0 ~ 3703.0 m,测试层中部垂深 2931.70 m,预测地层压力系数 1.75。

### 3.2 工艺优化

BYP1 井采用射孔与地层测试联作,油管内加压延时起爆射孔,射孔液为清水防膨液,测试压差控制在 20 MPa 左右,用 RD 安全循环阀作为井下关井阀,一开一关测试,直井段采用外径 88.9 mm、壁厚 9.52 mm 油管。

具体管柱结构为(自上而下):油管挂 + 88.9 mm 油管 + 校深短接 + 73 mm 油管 + RD 循环阀 + RD 安全循环阀 + 电子压力计托筒 + 液压循环阀 + 73 mm 油管 + 震击器 + 安全接头 + 扶正器 + 新型

Y211-112 封隔器 + 扶正器 + 73 mm 油管 + 筛管 + 73 mm 油管 + 筛管 + 延时起爆器 + 射孔枪 + 延时起爆器。

### 3.3 施工简况

BYP1 井在射孔液内首先下入模拟管柱多次提放确定管柱摩阻为 160 kN。2012 年 2 月 3~4 日下入射孔测试联作管柱,4 日提放管柱加压 150 kN 坐封,环空打压 25 MPa 验证封隔器密封,油管正打压至 16 MPa 后放掉压力,延时 5 min 射孔,一开 368 min,用 5 mm 油嘴控制,油压 5 ~ 0 MPa,出口水  $0.72 \text{ m}^3$ 。环空打压 32 MPa 打开 RD 安全循环阀进行地下关井,施加平衡压力 15 MPa。

### 3.4 测试成果

BYP1 井进行一开一关测试,取得了完整的温度、压力资料,测试期间封隔器、管柱密封不漏,达到了预期目的,工艺成功。该井温度 - 压力数据展开曲线见图 1。

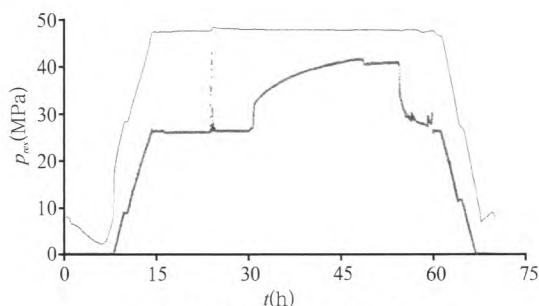


图1 BYP1井温度-压力展开图

(1)拟合地层压力为 48.90 MPa,计算压力系数为 1.70,测试层为异常高压压力系统。地层中部温度为  $119^\circ\text{C}$ ,属于高温异常系统。

(2)计算水平有效渗透率为 0.073 mD,垂直有效渗透率为 0.00023 mD,测试层为低渗透储层。

(3)表皮系数为 -2.68,说明井壁附近不存在污染。

(4)在平均流压 28.46 MPa 下,日产液 2.82 t。

### 3.5 压后测试评价

BYP1 井于 2012 年 2 月 8 日进行了大型压裂,压后返排量低,采用氮气分段气举产量不高。2 月 18~23 日下入 APR 测试工具进行压后测试评价。

具体管柱结构为(自上而下):油管挂 + 88.9 mm 油管 + RD 循环阀 + 73 mm 油管(2 根) + LPR-N 测试阀 + 电子压力计托筒 + 73 mm 油管 + 液压循环阀 + 震击器 + 安全接头 + 新型 Y211-112 封隔器 + 73 mm 油管 + 电子压力计托筒 + 筛管 + 尾锥。

(下转 60 页)

## 4 结论与建议

(1) MHR 封隔器分段压裂工艺管柱既能应用于直井,又能使用于具有一定斜度的深井。

(2) MHR 封隔器采用液压座封,可以在安装采油树后坐封,施工简单,安全可靠。其先进的锚定密封,具有可回收及插入对接功能。且坐封无需转动管柱,尤其适合于大斜度井及水平井。

(3) MHR 封隔器坐封后,只能对顶端的封隔器进行验封,下部的封隔器无法实现验封。在压裂施工结束后,倒开管柱时,卡点的选取有一定的难度,从而造成重复倒扣,多次施工,增加人力物力投入,需要对此进行完善改进。且压裂后,在对产层进行完井回采时需要井内封隔器进行打捞作业,投入成本较高。

## 参 考 文 献

- [1] 吴奇,魏顶民,张绍礼,等.火山岩和碳酸盐岩储层试油配套技术[M].北京:石油工业出版社,2010.
- [2] 姚展华,张世林,韩祥海,等.水平井压裂工艺技术现状及展望[J].石油矿场机械,2012,41(1):56-61.
- [3] 袁发勇,唐永祥.RH封隔器在西部油田的应用[J].江汉石油职工大学学报,2005,18(4):71-72.
- [4] 郭海莹,柴国兴.美国“FH”和“RH”型封隔器结构及性能浅析[J].钻采工艺,1998,21(5):46-48.
- [5] 刘志明,李淑民,王峰,等.MCHR封隔器在特殊施工井中的应用[J].油气井测试,2010,19(1):52-53.
- [6] 季晓红,刘戈,朱进府,等.AHC封隔器在塔里木油田首次应用情况简介[J].油气井测试,2012,21(4):68,70.

本文收稿日期:2012-11-05 编辑:方志慧

(上接 57 页)

封隔器坐封在斜井段内,底部电子压力计下至水平井段,进行一开一关测试,压后测试温度-压力数据展开曲线见图 2。测试结果为:拟合地层压力 48.80 MPa,计算压力系数为 1.70;计算水平有效渗透率为 0.074 mD,垂直有效渗透率为 0.00028 mD;表皮系数 -2.74;压后裂缝半长 2.63 m,裂缝导流能力 4.64 mD·m;后期导数曲线上翘,说明离井筒远端未改善;在平均流压 15.52 MPa 下,计算日产液 2.64 t。

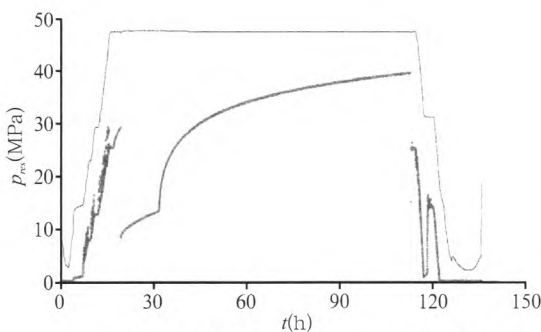


图2 BYP1井温度-压力展开图(压后测试)

对比分析压裂前后各项参数,BYP1井进行大型压裂后地层参数与压前基本一致,仅近井地带有人工裂缝,离井筒远端并未改善,压裂改造效果不明显。

## 4 结论及建议

(1)非常规水平井测试管柱在满足测试要求的

前提下要尽量简化,采用 RD 安全循环阀作为井下关井阀可获得理想效果。

(2)采用改进型提放管柱坐封封隔器并在其上下各配接一个扶正器,能满足在水平井段内坐封及密封要求。

(3)继续加强非常规水平井测试工艺及液压坐封封隔器等工具的研究,配套完善其相关技术。

## 参 考 文 献

- [1] 陈生瑄,谭绪承,贾传珍.水平井完井与测试技术[M].北京:科学技术文献出版社,1991.
- [2] 《钻井手册(甲方)》编写组.钻井手册(甲方).北京:石油工业出版社,1990.
- [3] 龙鹏宇,张金川,唐玄,等.泥页岩裂缝发育特征及其对泥页岩勘探和开发的影响[J].天然气地球科学,2011,22(3).
- [4] 荣宁,吴迪,韩易龙,等.双台阶水平井在塔里木哈得油田的应用及效果评价[J].油气井测试,2006,15(5).
- [5] 王树强.大港油田套管完井水平井试油测试技术研究[J].油气井测试,2008,17(4).
- [6] 彭志钦,徐华果,吴涛,等.疑难井测试经验探讨[J].油气井测试,2009,18(1).
- [7] 乔智国,盛伟,董海峰,等.含硫气藏水平井测试工艺研究及应用[J].油气井测试,2011,20(5).

本文收稿日期:2013-09-13 编辑:刘振庆

# 非常规水平井地层测试技术研究与应用

作者: [于宗奎, 张昌朝](#)  
作者单位: [胜利石油工程有限公司井下作业公司 山东东营257077](#)  
刊名: [油气井测试](#)  
英文刊名: [Well Testing](#)  
年, 卷(期): 2013, 22(5)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_yqjcs201305018.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_yqjcs201305018.aspx)