

鄂尔多斯盆地大牛地上古生界气藏压裂效果分析*

谢润成¹ 周文¹ 李良²

(1.“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室·成都理工大学 2.中国石化华北分公司研究院)

谢润成等.鄂尔多斯盆地大牛地上古生界气藏压裂效果分析.天然气工业,2004;24(12):71~73

摘要 鄂尔多斯盆地北部经过多年的勘探与研究,已发现丰富的油气资源,在勘探上取得了较大突破,发现了大牛地大型气田。但大牛地上古生界砂岩气藏致密低渗,进行加砂压裂投产必不可少。依据对气藏51次井(层)的压后测试资料分析,表明盒3段压后无阻流量较高,盒2段次之,向下逐渐减小,整体呈现出高产井主要集中在上部盒2~3段的特点。综合分析储层沉积微相、岩石学特征、物性、含气性、压裂施工参数、压裂施工工艺以及压裂造缝情况,认为储层质量优及其含气丰度高是该区气藏压后获得巨大产能的基础,人工压裂造缝半长在50 m以上是压后获得高产的关键。文章分析方法对同类型气藏的科学开发具有一定的指导和借鉴意义。

关键词 鄂尔多斯盆地 致密储层 压裂 分析 地质因素

一、气藏概况

大牛地上古生界致密砂岩气藏位于鄂尔多斯北部塔巴庙地区,纵向上为一套由海相—海陆过渡—内陆河湖相的含煤层系,区域上为一近北东东向平缓鼻状构造,储集砂体主要是河道沉积,砂体纵向上相互切割叠置,平面上呈透镜状、条带状分布,非均质性强,具低孔低渗特点,属典型的致密砂岩气藏。截至2003年12月,该区共钻勘探开发井64口,上古生界地层中已找到太原组、山2段、盒1段、盒2—3段气藏。

二、气藏压裂改造现状

对于致密砂岩气藏,开发井的压裂投产必不可少。经统计,截至2003年12月,该气藏共进行了51井次压裂改造,其中有一层合压(大21井山1—2段),部分井(层)压裂效果资料统计于表1。

分析压裂后测试情况,压裂有效44井次,压裂成功率91.67%。从表1看出,盒3段压后无阻流量较高,盒2段次之,向下逐渐减小,呈现高产井主要集中在上部盒2—3段的特点,此特点取决于研究区内地质特征。

表1 大牛地气藏压裂效果特征参数统计表

压裂层段	盒3段	盒2段	盒1段
施工井次数	9	4	7
储层电阻率 ($\Omega \cdot m$)	437.52—17.82 ^① 217.4165	326.89—35.5904 132.9111	124.542—18.9 52.9215
裂缝半长 (m)	216.49—27.77 99.57	95.24—35.27 59.2267	66.3732—24 43.4008
无阻流量 ($10^4 m^3/d$)	38.87—1.45 13.16195	16.5091—1.492 6.7397	4.79—0.671 2.0606
压裂层段	山2段	山1段	太2段
施工井次数	6	15	7
储层电阻率 ($\Omega \cdot m$)	260—32.99 112.9393	239.643—25.93 78.185	225—46.62 133.7767
裂缝半长 (m)	38.22—21.93 30.075	54.11—26.23 36.8083	59.3567—54.22 57.6445
无阻流量 ($10^4 m^3/d$)	7.0259—0.99 2.8236	3.5898—0.4359 1.3172	2.9232—0.8722 1.8306

注①: $\frac{\text{最大值}-\text{最小值}}{\text{平均值}}$

三、影响压裂效果因素分析

通常,压裂施工后的效果如何,除了改造措施本身的优化选择和施工质量外,主要取决于储集层的储集性能及含气丰度。这些基础性的地质因素,对保证和提高压裂改造措施的有效性起决定性作用。

* 本文系“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室·成都理工大学“鄂尔多斯盆地大牛地气田上古生界气藏高产因素分析”项目成果之一。

作者简介 谢润成,1979年生,成都理工大学油气田开发工程专业在读硕士研究生。地址:(610059)四川省成都市十里店。电话:(028)66161339。

因此,分析气井(层)的压裂效果,应综合分析各种地质因素及压裂施工方面的影响。

1. 储层地质因素

(1) 储层质量是决定储层改造效果的基本条件。据前人对该区沉积微相研究结果,结合井(层)压后测试情况分析:除太1、太2段产层特殊外,山1、山2、盒1、盒2、盒3段地层中的产层主要分布于河道砂砾岩体中,其次是河道间砂体;岩性方面,产层与赋存砂体的岩石类型关系不大,而与赋存砂体的粒度大小极为密切,据统计95%以上产层赋存在中—巨粒砂岩、细砾岩中,细砂岩、粉砂岩中基本上只产微气。

压裂效果的好坏在一定程度上取决于储层物性,而储层物性是储层储集空间大小和渗透能力的直接反映,储层物性好的层段,压裂后获得高产的机率越大。研究区盒2、盒3段储层物性相对其他层段较好,压裂施工后见到无阻流量相对高的井层均在该层段。如大开2井和大15井的盒3段,压后无阻流量分别达到 38.87×10^4 和 $21.08 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,大16井盒2段压后无阻流量也达到 $16.5091 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,这些层段的储集性能都较好,其储集系数 φH 值分别为 2.186、1.482 和 1.288;而如大3井山1段压后无阻流量为 $0.9368 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其 φH 值为 0.788。由此看出,储层质量好是压后获得显著效果的基本条件。

(2) 含气丰度是控制压裂后气井(层)产能大小的主要因素。储层电阻率反映了储层含气丰度情况,各储层段电性特征见表1。从压裂后测试层段无阻流量与对应的平均电阻率关系图(图1)可看出,随着测试无阻流量的增大,对应井(层)的平均电阻率亦增高,两者具有较好的相关性。二者统计回归方程为: $Q_{\text{AOF}} = 0.0003 R_t^2 - 0.0708 R_t + 4.1347$,相关系数为 0.9375 ($n=49$)。由此结果可看出,在相近条件下,储层电阻率越高,反映出其含气丰度越大,压裂后产能亦越大,说明压后产能与储层含气丰度关系密切,含气越好的储层,压裂后产能越大。且从图1看出,储层电阻率大于 $250 \Omega \cdot \text{m}$ 时,压后气井(层)的产能即有显著的提高。因此含气性是影响该区压裂效果的主要因素之一。电阻率应该作为压裂选层的标准之一。

2. 压裂施工方面影响

(1) 压裂施工参数的影响。压裂施工参数的优化与否是影响储层压裂改造效果的外在因素。从裂缝半长与加砂排量关系曲线可看出(图2),加砂排量

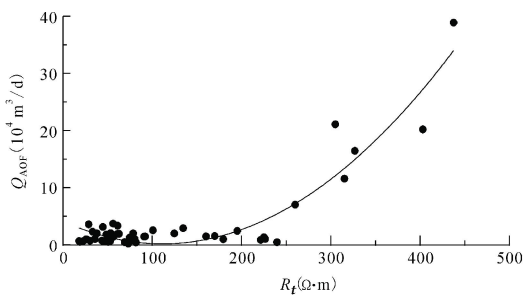


图1 压后产能与储层平均电阻率(R_t)关系图

注: R_t 为压裂层段储层平均电阻率

越大,裂缝越长,二者存在一定的正相关关系,表明排量越大,压裂造缝情况越良好,气层压后获得高产的机率也越大(图3)。

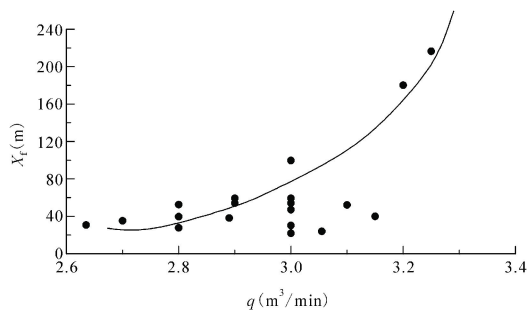


图2 压裂缝半长与施工排量关系图

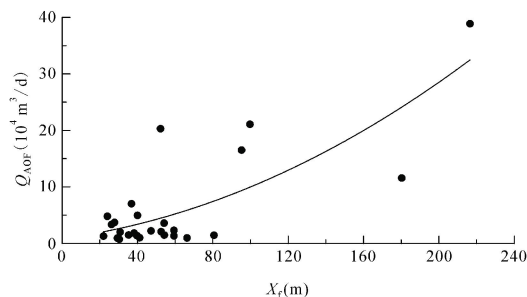


图3 压后产能与压裂缝半长关系图

(2) 压裂液返排。在压裂施工中,如果不及返排压裂液即会造成压裂液滤失,引起粘土膨胀,对地层造成严重伤害,降低气井(层)产能。在本区压裂施工中,均采用液氮伴注压裂工艺技术。此工艺技术的原理是借助于液氮蒸发体积增大,其与压裂液水相混合形成泡沫,降低液体的密度和滤失性。在压裂施工结束后,因压裂液密度低,容易排出地面,而且在井口泄压后,压缩的氮气泡沫迅速膨胀,体积增大,进一步减小了液体的密度和回压,同时又提供了液体流动的动力,在地层局部高压下使气井能够连续自喷,从而将压裂液排出地面,提高助排速度,降低二次污染。

(3)压裂施工后造缝的情况决定施工效果。据压后测试资料作出压裂缝半长与气井压后产能关系(图3),二者统计关系为: $Q_{AOF} = 0.0005X_f^2 + 0.0445X_f + 0.8554$,相关系数为0.7801($n=26$)。

从图3中看出,压裂缝半长在50 m以上时,压后井(层)的增产效果才变得明显,表明随着压裂缝长度的增加,井层的泄流面积增大,井(层)产量亦增加。因此,压裂造缝情况优劣与否直接影响压后气井(层)产能大小。

四、认识

综上所述,加砂压裂是致密砂岩气藏储层改造、增储上产的有力手段。通过对大牛地上古生界气藏51次井(层)加砂压裂后测试资料分析,表明盒3段压后无阻流量较高,盒2段次之,向下逐渐减小,呈现出高产井主要集中分布在上部盒2—3段的特点。从压后产能大小的角度出发,分析诸多影响该区压裂效果因素,认为储层质量优及其含气丰度高是该区气藏压后获得巨大产能的基础,也是压裂优选层位标准之一;压裂造缝半长在50 m以上是压后获得高产的关键。因此,在进行压裂施工时,应综合考虑压裂层的基础地质情况,优选压裂层段,优化压裂施

工设计,进而获得显著的增产效果。

参 考 文 献

- 1 王鸿勋编著.水力压裂原理.北京:石油工业出版社,1987
- 2 魏红红,彭惠群等.陕甘宁盆地中部上古生界砂岩气层压裂效果分析.西北地质,1998;19(2):40~44
- 3 魏斌等.长庆气田上古生界砂岩气层压裂改造配套技术措施及效果分析.低渗透油气田,2001;6(2):78~85
- 4 杨小萍.安塞油田水力压裂中的地质因素分析.西北地质,1996;17(2):23~28
- 5 胡永全,赵金洲等.计算射孔井水力压裂破裂压力的有限元方法.天然气工业,2003;23(2):58~59
- 6 雷群,慕立俊等.长庆上古生界低压低渗砂岩气藏压裂工艺技术.天然气工业,2003,23(5):66~69
- 7 郑新权.长庆上古生界气藏CO₂泡沫压裂技术研究.石油勘探与开发,2003;30(4):111~113
- 8 龙毅,左燕春等.低渗储层压裂技术应用效果评价.天然气工业,2003;23(增刊):127~129
- 9 吕鹏贤等.大情字井地区压裂效果试井评价.油气井测试,2002;11(4):24~26

(收稿日期 2004-07-28 编辑 钟水清)