

Research on High Pressure Simulation Wellbore Wall Thickness with Crushing Completion Tools*

Qingsheng Jia¹, Jinsheng Ye¹, Weikai Yin¹, Lijun Zhang^{2#}, Guodong Ding²

¹Sinopec Shengli Oil Research Institute, Dongying

²College of Electromechanical Engineering, China University of Petroleum, Qingdao

Email: zljclh@sina.com, #zlj-2@163.com

Received: Sep. 5th, 2013; revised: Oct. 6th, 2013; accepted: Oct. 13th, 2013

Copyright © 2013 Qingsheng Jia et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2013 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Qingsheng Jia et al. All Copyright © 2013 are guarded by law and by Hans as a guardian.

Abstract: Composition and function of high pressure simulation wellbore experimental equipment with crushing completion tools are introduced. A three-dimensional simulation model of high pressure simulation wellbore is established and the pressure tapping hole is also processed. By means of ANSYS software, the numerical simulations of simulation wellbore with different wall thicknesses are carried out. The simulation results show that the yield stress at pressure tapping hole is maximal when the simulation wellbore bears 105 MPa pressure. For 35CrMo material, the simulation wellbore with the internal diameter 121 mm can meet the design requirements, and its wall thickness is 40 mm.

Keywords: Simulation Wellbore; Wall Thickness; Internal Pressure; Numerical Simulation

压裂完井工具高压模拟井筒壁厚的研究*

贾庆升¹, 叶金胜¹, 伊伟锴¹, 张立军^{2#}, 丁国栋²

¹中石化胜利油田采油院, 东营

²中国石油大学机电工程学院, 青岛

Email: zljclh@sina.com, #zlj-2@163.com

收稿日期: 2013年9月5日; 修回日期: 2013年10月6日; 录用日期: 2013年10月13日

摘要: 介绍了压裂完井工具高压模拟井筒试验装置的组成和作用。建立了高压模拟井筒的三维仿真模型, 并对模拟井筒上的测压孔进行了处理。利用 ANSYS 软件, 对不同壁厚的模拟井筒进行了数值模拟分析。仿真结果表明, 当模拟井筒承受 105 MPa 内压时, 测压孔处屈服应力最大, 且模拟井筒材料选用 35CrMo, 壁厚为 40 mm 时, 内径 121 mm 的模拟井筒可满足设计要求。

关键词: 模拟井筒; 壁厚; 内压; 数值模拟

1. 引言

胜利油田非常规油气藏资源丰富, 已探明未动用致密砂岩油气藏 1.03×10^8 吨, 是今后相当长一段时期内的增储建产主阵地。水平井分段压裂完井技术是非

常规油气资源高效开发的有效手段, 但压裂完井工艺复杂, 用到工具类型多、数量大, 现场实施投资大, 而且各种新型工具直接进入现场技术风险极高。为了保证压裂作业的成功率, 所研发的工具在上现场前要进行严格的检测和评价, 科学地检验水平井压裂完井工艺所需工具的性能和可靠性, 因此迫切需要研制一

*基金项目: 山东胜利油田低渗透油藏示范基地项目。

#通讯作者。

套能够模拟井下高压环境的试验装置。模拟井筒作为该试验装置的重要组成部分，其壁厚的大小直接关系到试验的有效实施^[1]。为此，本文采用 ANSYS 软件，分析壁厚和材质对高压模拟井筒薄弱部位应力的影响，最终确定合理壁厚大小。

2. 压裂完井工具高压模拟井筒试验装置的组成

压裂完井工具高压模拟井筒试验装置有五大模块组成，分别是移动式动力装置、模拟井筒、油浴加热系统、专用井口、测控系统，如图 1 所示。移动式动力加载装置是高压模拟井筒试验台的重要组成部分，是一个提供各种试验功能的工作平台，在这个平台上能完成井下工具性能试验的各种动作和步骤。根据试验装置的技术要求，需要对模拟井筒进行加热。采用油液循环加热方式，加热炉做成翘装封闭式，并能维持模拟井筒的温度： $200^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。专用井口包括连接与密封部分，可满足 105 MPa 等级高温高压试验对井口的要求，能在井内有高压的条件下进行封隔器的坐封、解封等试验。测控系统包括可移动式测控操作台、工业控制计算机、数据采集、检测传感器、控制软件等组成，用于对整个试验装置进行有效协调控制。

3. 高压模拟井筒数值模拟研究

3.1. 模型的建立

高压模拟试验井筒是井下工具试验台的一个重要组成部分，能为井下工具的试验提供模拟的试验空间，并可满足两种规格的套管 5^{1/2}"(内径 121 mm)和 7"(内径 157 mm)的试验。为了检测模拟井筒内的压力，在模拟井筒的不同侧面、不同位置处开多个测压孔，用于安装毛细管。

为了分析不同内径(121 mm 和 157 mm)模拟井筒在不同壁厚(壁厚分别为 20 mm、40 mm、50 mm)

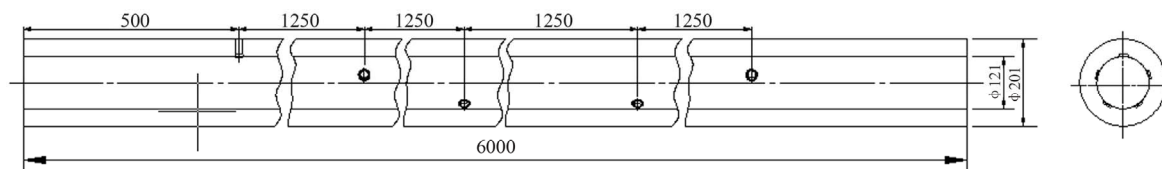


Figure 2. Model of simulation wellbore
图 2. 模拟井筒模型

时，井筒测压孔处屈服应力分布情况，以内径 121 mm、壁厚 40 mm 为例，建立模型如图 2 所示。井筒沿周向均匀分布 5 个测压孔，图 3 为测压孔放大图。实际使用中模拟井筒测压孔处有 3 处需要螺栓密封，为简化计算，建模时将测压孔处理为盲孔，如图 4 所示。

3.2. 载荷施加

模拟井筒工作时，承受内压 105 MPa，利用 ANSYS 分析，在模拟井筒的内壁及 5 个周向均匀分布测压孔处加内压 pressure^[2]，如图 5 所示。

3.3. 结果分析与讨论

数值模拟结果显示，当壁厚为别为 20 mm、40 mm、50 mm 时，模拟井筒测压孔处的屈服应力均为最大，结果如表 1 所示。模拟井筒壁厚为 40 mm 时，测压孔处的应力分布云图如图 6 所示。由应力云图 6 可知，模拟井筒在承受内压 105 MPa、壁厚 40 mm 时测压孔处出现应力集中，其最大屈服应力为 507.08 MPa。

当井筒材料选用 35CrMo，其屈服强度为 835

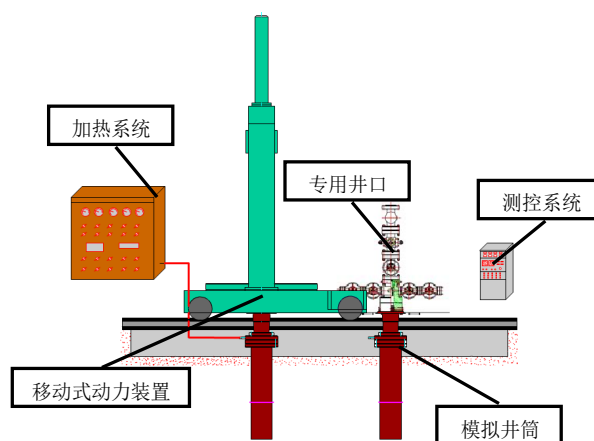


Figure 1. Composition of high pressure simulation wellbore experimental equipment
图 1. 高压模拟井筒试验装置的组成

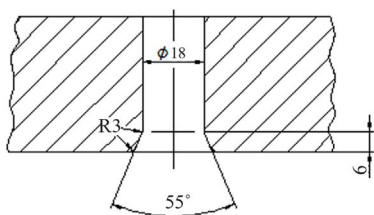


Figure 3. Pressure tapping hole enlarged view
图 3. 测压孔放大图

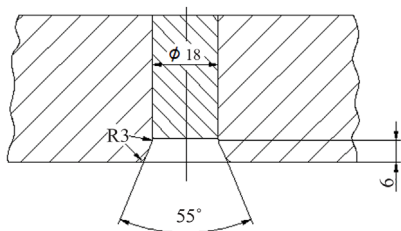


Figure 4. Pressure tapping hole treatment
图 4. 测压孔处理

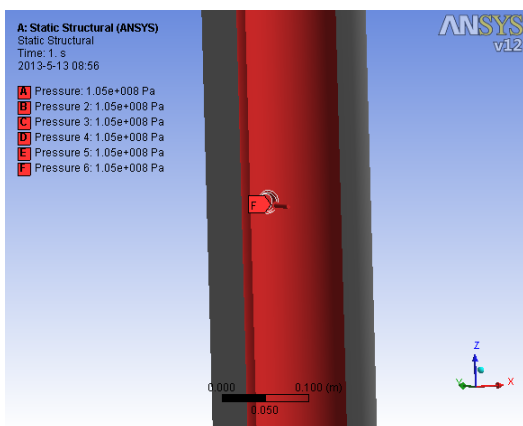


Figure 5. Internal pressure loading diagram
图 5. 模拟井筒内压加载图

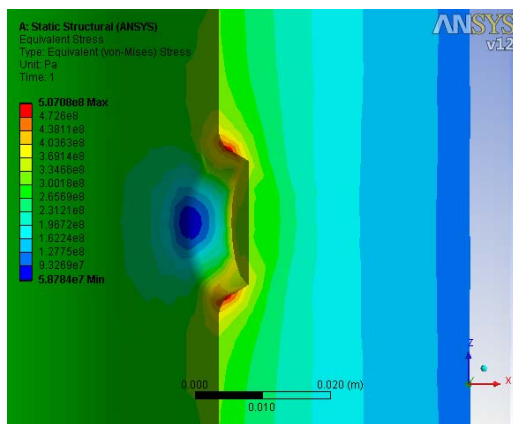


Figure 6. The stress distribution of pressure tapping hole under the condition of wall thickness 40 mm
图 6. 壁厚为 40 时的模拟井筒测压孔处应力分布

Table 1. The maximum stress under different wall thicknesses (unit: MPa)

表 1. 不同壁厚下最大应力(单位: MPa)

内径/mm	壁厚/mm		
	20	40	50
φ121	811.34	507.08	453.83
φ157	1000.1	591.79	524.02

MPa^[3]。按照 TSG R0002-2005 超高压容器安全技术监察规程安全系数要求^[4]，安全系数为 3 时，内径 121 mm 的模拟井筒的设计壁厚为 40 mm。由表 1 可知，当壁厚为 40 mm 时，模拟井筒最薄弱处——测压孔处的最大屈服应力为 507.08 MPa，小于 835 MPa，所以满足设计要求。

按照 TSG R0002-2005 超高压容器安全技术监察规程安全系数要求，安全系数为 3 时，内径 157 mm 的模拟井筒的设计壁厚为 50 mm。由表 1 可知，当壁厚为 50 mm 时，模拟井筒最薄弱处——测压孔处的最大屈服应力为 524.02 MPa，也小于 835 MPa，所以满足设计要求。

4. 结论

1) 压裂完井工具高压模拟井筒试验装置有五大模块组成，分别是移动式动力装置、模拟井筒、油浴加热系统、专用井口、测控系统。

2) 当模拟井筒在承受内压 105 MPa 时，其测压孔处的屈服应力最大。

3) 当井筒材料选用 35CrMo，内径 121 mm 的模拟井筒的合理壁厚为 40 mm；内径 157 mm 的模拟井筒的合理壁厚为 50 mm。

参考文献 (References)

- [1] 朱涵超, 吕庭豪 (2001) 高温超高压容器的设计与试验. *武汉造船*, 3, 12-15.
- [2] 严国平, 刘正林, 费国标, 关北海 (2005) 基于 ANSYS 的高压密封容器开孔的有限元计算. *机电工程技术*, 12, 59-61.
- [3] 邵国华 (2002) 超高压容器设计. 化学工业出版社, 北京.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 (2005) 超高压容器安全技术监察规程.