

文章编号: 1001-3482(2007)04-0041-03

基于 ANSYS 的割缝筛管强度分析

王路超, 徐兴平

(中国石油大学(华东)机电工程学院, 山东 东营 257061)

摘要:油层出砂是砂岩油藏开采过程中常见的问题之一。随着割缝筛管在油田完井防砂中的广泛应用,割缝筛管损坏问题也日益凸显,对此进行的评估却相对很少。以胜利油田应用的筛管为例,利用 ANSYS 软件对其进行受力分析,旨在为筛管设计提供一定的理论参考。

关键词:完井防砂;割缝筛管;ANSYS;强度分析

中图分类号: TE925.3 **文献标识码:** A

Strength Analysis of Slotting Screen with ANSYS

WANG Lu-chao, XU Xing-ping

(College of Mechanical and Electronic Engineer, China University of Petroleum, Dongying 257061, China)

Abstract: Sand production in reservoir is one of common problems during the process of sandstone reservoir exploitation. Along with the wide application of slotting screens for completion and sand control in oil fields, the damage of slotting screen is ever-increasingly obvious. However, assessments on this phenomenon are relatively less. Therefore, this paper takes screens used in Sheng-Li Oil Field as an example to conduct stress analysis with ANSYS in order to provide same theoretic references for screen design.

Key words: completion and sand control; slotting screen; ANSYS; strength analysis

油层出砂是疏松砂岩油藏开采过程中常见的问题之一。油层出砂不严重时的直接危害是,形成砂堵影响油井产量,同时,也会磨损抽油泵和抽油杆,增加清砂作业的工作量;油层出砂严重时会堵塞油井,使油井停产,也可能使地层亏空,井壁坍塌,导致井下筛管或套管挤毁事故的发生。防砂可采用的完井方式有割缝筛管、绕丝筛管、预制筛管、砾石充填、压差控制、地层胶结、压裂-封堵等。其中,割缝筛管完井是一种较为简单而且实用的完井方式,具有井身结构简单、成本低、完井速度快、渗流面积大、产能高等优点。

目前,油田常用的机械防砂方法有割缝筛管、绕丝筛管等方法。绕丝筛管易出现“跑丝”,因钢丝与筛管的热膨胀系数不一致,受热时易出现“乱丝”^[1],尤其在通过大斜度井和水平井的弯曲段时,不可避

免地要与井壁或套管发生碰撞、挤压和摩擦,也容易出现“乱丝”现象,造成筛管损坏或缝隙变形,致使完井质量和防砂效果降低或失效,且制造工艺比较复杂,造价相对较高(是割缝筛管的1.5~2.0倍)。相比之下,割缝筛管因为管、缝同体,具有刚性好、抗刮磨、强度高、耐腐蚀、间隙均匀、管径大、流阻小、重复利用率高的优点,且其价格低廉,因而在油田采油防砂中得到了广泛应用。

1 割缝筛管概述

1.1 割缝筛管防砂机理

首先在近井地带充填石英砂(或涂敷砂),形成第I级挡砂屏障,然后在油层部位下入割缝筛管,环空充填石英砂,在油层部位形成完整的挡砂屏障,阻挡地层砂进入油井,从而达到防砂目的(如图1)。

收稿日期: 2006-12-01

作者简介: 王路超(1981-),男,山东烟台人,在读硕士研究生,研究方向为海洋石油工程与装备。

E-mail: wangllc@163.com

1.2 割缝缝形结构及布缝形式

a) 缝形结构 割缝的大小和形状对筛管的机械性能和防砂效果有着非常重要的影响。根据原油的粘度、砂粒的粒度等地质状况和油井投产后的产量等要求,可以对筛管割缝的有关参数进行设计。表面缝形分为直线型、折线型和曲线型(如图2)。断面缝形结构分为矩形缝、梯形缝、二次曲线缝和组合缝(如图3)。

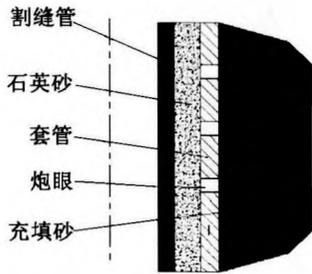


图1 割缝筛管防砂原理示意

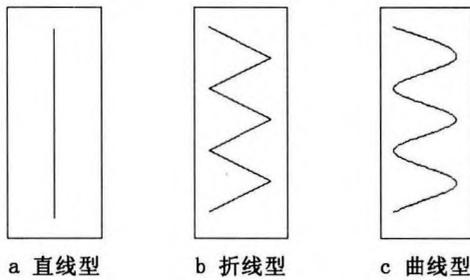


图2 表面缝形结构示意图

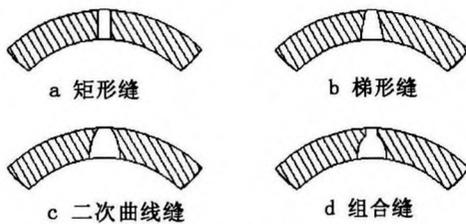


图3 断面缝形结构示意图

b) 布缝形式 布缝状态的设计不但要考虑地质情况和产量的要求,还应该满足强度条件、稳定条件等,以保证筛管的作业安全和使用寿命。布缝形式如图4^[1]。

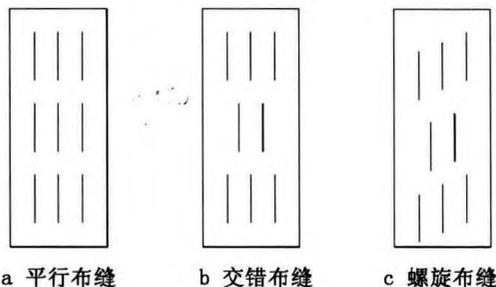


图4 布缝形式示意

2 割缝筛管破坏原因及载荷分析

2.1 破坏原因

筛管破坏的原因一般有:随着多孔介质油藏的开采,孔隙压力衰竭而导致地层压实,从而对筛管产生较大的围压而引起其破坏;地震或油藏压力衰竭导致断层滑动,筛管被剪断;腐蚀性钻井液、完井液或地层液对筛管的腐蚀破坏;地层下沉导致筛管弯曲变形;在油井的生产过程中,油井出砂或岩层下沉使筛管受不对称载荷作用而受到破坏;由于井眼不规则而导致筛管下入受阻,需要上下往复活动筛管或旋转筛管,以减小在下入时引起过大压缩载荷、拉伸载荷或扭转载荷等对筛管的破坏^[2];温度变化引起的温度应力对筛管的破坏;地层压实作用导致筛管螺纹连接失效^[3];设计不合理造成筛管强度小于其受力也是使其失效的原因。

2.2 载荷分析

a) 拉伸载荷 筛管在下入过程中,自身重力会导致其受拉伸载荷的作用;井底温度应力会产生拉伸载荷;在下入受阻时,上下往复活动筛管也会产生拉伸载荷。

b) 压缩载荷 井眼不规则和大斜度井、水平井中套管或筛管与井壁之间的摩阻会使筛管下入受阻,需施加较大的轴向载荷,摩阻的大小取决于筛管质量、筛管所受到的压缩载荷、井壁粗糙度和钻井液的类型。井底温度应力会产生压缩载荷;在下入受阻时,上下往复活动筛管也会产生压缩载荷。套管外壁围压变化会产生轴向力^[3]。

c) 扭转载荷 在下入受阻时,旋转筛管会产生扭转载荷。

d) 外壁围压载荷 上覆岩层压力是由孔隙流体和孔隙介质支撑,即上覆岩层压力 σ 等于孔隙流体压力 p 和孔隙介质压力 τ 之和。在正常压力地层中,孔隙压力梯度为10.5 kPa/m;地层压力梯度为22. kPa/m。在超高压地层中,孔隙压力梯度大于或远大于10.5 kPa/m,地层是欠压实的。随着超高压、欠压实油藏的开采,孔隙压力会逐渐减小,地层会被逐渐压实并下沉,它对套管、筛管和砾石充填筛管的寿命有很大的影响。研究表明,地层压实作用对斜井中筛管的危害比直井中大,且随着井斜角的增大而增大;孔隙压力降低,筛管所受的围压增加,同时水平应力增加33%;在油井生产过程中,不能通过筛管孔眼的砂砾在其外壁形成砂拱,也会对筛管产生围压^[4]。

e) 弯矩 在造斜井段、井斜角或方位角急剧变化的井段,筛管都会受到弯矩的作用;井底断层的滑移或岩层下沉也可能产生弯矩。

3 算例分析

在采油防砂中,由于割缝筛管长期处于井底,原油的静压以及由于地层塌陷而产生的压力均作用在割缝筛管上,因而抗挤压失效为筛管主要失效形式之一。因此,本文以采油作业时的筛管工况为例,对割缝筛管的强度进行分析。

3.1 有限元模型

载荷:大地静压(外压)15 MPa;流体静压(内压)为自由静压 10 MPa。

材料性能:泊松比 $\mu=0.3$;杨氏模量 $E=2.06 \times 10^5$ MPa;以 N-80 管为例,最小屈服强度 552 MPa,最大屈服强度 758 MPa。

割缝参数:梯形缝,筛管长度 700 mm,管外缝宽 1.5 mm,管内缝宽 2.1 mm,割缝长度 80 mm,每圈割缝数 24 条,每圈间距 20 mm。采用实体建模技术建立了该割缝筛管的实体模型,得到的计算模型如图 5。

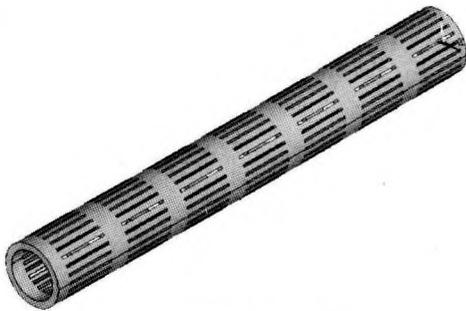


图 5 割缝筛管计算模型

3.2 ANSYS 分析

采用 8 节点的 SOLID 45 单元,在柱坐标系中对割缝筛管 2 个端面施加全约束,外表面施加 y 向约束。并对割缝筛管外表面施加 15 MPa 的均匀外压,内表面及割缝表面施加 10 MPa 的均匀内压。

3.3 计算结果及分析

计算得到的割缝筛管 Von-Misses 应力云图如图 6。可以看出,割缝筛管的最大应力值发生在割缝过渡部位,出现了应力集中现象,应力值为 157.261 MPa;最大位移发生在缝条中部,其值为 0.060 494 mm。

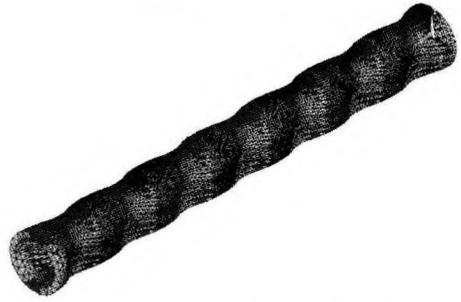


图 6 割缝筛管 Von-Misses 应力云图

4 结论

1) 采用割缝筛管防砂,其防砂失效形式分为 2 种,一种是缝隙太宽,不能有效防砂;另一种是筛管变形使缝隙距离变小,堵塞流体通道。本文中的割缝筛管失效形式为第 2 种。割缝宽度变小将导致割缝筛管内外压差变大,加剧割缝筛管的变形。当挤压力达到割缝筛管的抗挤压强度时,割缝筛管将发生屈服,割缝处将遭到破坏,割缝宽度会突然变大,此时,无论是从材料的屈服还是从防砂效果来考虑,割缝筛管都已经失效。

2) 计算表明,当对筛管施加挤压载荷时,筛管表现出割缝处的应力值相对较小,而割缝与管体连接处的过渡区域应力值相对较大,这种现象由应力集中引起,过渡区域的材料将首先达到屈服极限。

3) 本文考虑的是割缝筛管受到内外压力作用的工况,因而对于其他不同使用工况的割缝筛管,应充分考虑筛管的力学性能,合理选择筛管的材料和设计筛管的几何参数。

4) 设计割缝筛管时,在尽量增大渗流面积的同时,应充分考虑割缝对筛管强度的影响,并注意过渡区域处的应力集中现象。

参考文献:

- [1] 张 珊,马效贤.石油割缝筛管现状[J].石油机械,1997,25(10):51-54.
- [2] Archer, G L, M Jacobs, H Rabia. An Assessment of the Performance of Liner Hanger Bearings[K]. SPE 22572, 1991.
- [3] Kocian M E, Mefford, N R. Compressive Loading Casing Desig[K]. SPE 19923.
- [4] 林元华,黄万志.新型割缝筛管的设计及安全性评价[J].石油机械,2001,29(8):7-9.