

油井开采中挤压充填防砂工具设计及其改进研究

宋胜鹏 王传印 陈文涛

(新疆轻工职业技术学院 新疆 乌鲁木齐 830021)

摘要: 我国大部分油田为疏松砂岩油藏, 该类油藏岩石胶结疏松, 在后续开采过程中需要进行防砂作业, 避免地层出砂堵塞油井进液通道。目前常用的挤压充填工具在现场应用过程中普遍存在工具对接成功率低、工具充填时间长、工具坐封不严等问题。为此对油井开采中挤压充填防砂工具进行了设计及改进研究, 分别从油井开采挤压充填防砂外部工具结构设计、挤压充填防砂内部工具设计、挤压充填工具主要结构设计与分析、挤压充填口的结构设计及改进、挤压充填引导装置、引流装置的结构设计与改进、配套密封结构改进等方面进行了详细研究。该研究成果对于企业改进挤压充填设备, 提高施工成功率具有较好的参考意义。

关键词: 油井开采; 挤压充填; 防砂工具; 设计; 改进

0 引言

我国疏松砂岩油藏占比较大, 砂岩油藏所处地层周围被砂砾、泥岩、黏土、砂泥、碎屑岩、油层等覆盖, 储层地质具有高渗透率、高孔隙等特征。通过对砂岩油藏地层骨架强度的影响因素进行分析, 以接触式胶结为主的骨架强度最低, 而胶结物主要为碎屑岩、泥砂、黏土, 易被油水的拖拽力破坏其之间的胶结, 因此更易出砂。部分疏松砂岩油藏出砂严重, 同时泥质含量较高, 短期生产后就会出砂, 从而导致油井堵塞, 阻碍了油井的长效开发与生产。随着油井连续不断、大量地出砂, 将导致地层坍塌、设备毁坏, 最终导致油井停产。另外, 对于部分稠油油藏, 生产初期油井堵塞不太严重, 但是随着生产的进行, 稠油具有较强的携砂能力, 将大部分地层砂带出油层, 堵塞筛管, 造成油井产能下降。故而如何防止油井出砂是提高油田开采效率的一项极其重要的技术^[1]。

1 油井开采防砂技术介绍

随着石油开采技术的不断发展, 防砂技术从理论、工艺以及设备等各方面都有了很大的提高, 针对不同类型的储层、油井, 已经形成了很多类型的防砂方法, 目前比较成熟的有机械防砂、化学防砂、砂拱防砂和水力压裂砾石充填防砂等。

机械防砂技术是通过在采油泵下面安装绕丝筛管、多层筛管以及割缝衬管等工具, 将砂与油泵相隔离, 从而起到防止出砂的作用。这种方法具有应用简单、操作方便等优势, 但也存在细砂井堵塞, 影响采油泵的

寿命等缺点。

化学防砂主要有胶固地层与人工井壁两类。胶固地层是将化学固砂剂注入地层, 使地层强度提升, 从而使砂砾很难移到油井。此种方法操作完成后井内无机械设备, 二次施工容易, 适用于细砂岩油层等; 但也有着显著的缺点, 不适用于多层长井段与出砂严重的油井, 同时使用的化学剂有毒, 对环境造成污染, 施工时间长与成本高等。人工井壁是将可固结颗粒和具有特定性能的胶结剂混合, 从而起到地层固结的作用, 地层固结后形成高强度的井壁。这种井壁渗透性好且强度高, 能够起到很好的防砂作用, 但是此种方法对于多油层、长井段、高温井, 存在胶结质量难以控制的缺点。

砂拱防砂技术是通过机械力压紧压实井壁, 从而使井眼附近地层的强度提高、结构稳定, 形成砂拱来阻挡出砂。该方法具有施工简单、费用低以及产能损失小等优点, 但是缺点也是很明显, 比如常会出现砂拱稳定性不好, 防砂效果不稳定等现象, 且一般不适用于粉砂层、流砂层和高产井。

水力压裂砾石充填防砂技术是使用黏度高的压力液使地层产生裂缝, 然后井底用砾石充填, 形成挡砂屏障来阻挡地层出砂。这种方法具有控砂效果好, 油井产量高, 对油层伤害小, 产能损失小等优点, 但同样具有不适用于多油层和粉细砂层, 施工复杂, 生产成本高等缺点。

油藏经过多年开发, 油层所处环境也是非常复杂, 而以上防砂技术在使用过程中防砂效果并不理想。因此有必要对新型防砂技术进行研究, 目前应用较为广

泛的就是挤压充填防砂技术,该技术在挤压充填结束后转循环充填,能够形成多层挡砂屏障,有效防砂,满足复杂油层的防砂需求^[2]。

基于以上分析,大部分疏松砂岩油藏需要进行砾石充填防砂,特别是一些出砂较为严重的油井,需要利用挤压充填防砂技术进行防砂。该技术较为关键的工具是挤压充填防砂工具,该工具的可靠性和安全性是实现挤压充填防砂的关键。然而当前的挤压充填工具结构还需改进提升。为此需要对挤压充填防砂工具开展研究和结构设计优化,提升其机械性能和施工成功率。

2 油井开采挤压充填防砂工艺技术介绍

油井开采过程中,挤压充填防砂是实现油井长效防砂的有效手段,当前常用的挤压充填防砂技术主要有两种。第一种是裸眼挤压充填防砂技术,该技术在施工过程中首先将筛管串及其配套挤压充填工具下放到油井中的预定位置,然后进行注水泥固井作业,水泥凝固后下入砾石充填服务器,充填服务器与挤压充填工具对接,关闭油套环控闸门,向地层挤压砾石,实现防砂。第二种是在上层套管的末端悬挂筛管串,悬挂筛管串的悬挂器同时具有悬挂、封隔和砾石充填等多重功能。在施工过程中首先下入外部筛管,然后下入内部冲管,最后将筛管、冲管共同连入到悬挂充填一体装置,下放到预定位置,从油管内打压进行挤压充填防砂^[3]。本文针对常用的裸眼挤压充填防砂配套工具进行了分析和改进,提高了施工效率。

3 油井开采中挤压充填防砂工具设计

本文对油井开采中的挤压充填防砂工具进行了结构设计与分析研究,并结合实际情况进行了结构优化。

3.1 挤压充填防砂工具结构组成与功能

笔者设计的挤压充填防砂工具的主要组成部分如图1所示。挤压充填防砂工具是为实现油井高效防砂而研制的工具,在使用的过程中,通过携砂液将大量的砾石携带至地层与筛管之间、地层内部等,或者对于套管完井,将砾石携带至射孔内部、地层内部、套管与筛管的环空部分等,建立机械挡砂通道。当挤压充填施工

结束后,该工具的强力复位弹簧7会推动关闭滑套6向上运动,关闭滑套的侧壁将外充填通道5关闭,避免地层砂进入井筒。

3.2 挤压充填防砂工具主要结构设计

该工具的各个部分紧密连接,构成一个完整体系。其中,上连接装置的上端内侧设计有锥形扣,通过此结构与油管串或套管串连接。在上连接装置的下端外侧设计有外螺纹,螺纹末端部设计有退刀槽。外中心筒的上端内侧加工有内螺纹,与上连接装置通过螺纹连接在一起。在外中心筒的中间加工有外充填通道,该充填通道结构为正方形,边长10mm,数量为3个,沿着外中心筒均匀分布。外中心筒的下端内侧加工有内螺纹,在螺纹末端设计退刀槽结构。外中心筒的内壁面结构光滑,可以实现相关设备的自由移动。下连接装置的上端外侧设计有外螺纹,与外中心筒通过螺纹连接在一起,下连接装置的下端外侧加工有锥度扣,可以与其他配套工具实现连接。在整套工具的内部设计有内中心筒和堵塞装置,内中心筒的下端内侧设计有内螺纹,与堵塞装置上端外侧的外螺纹连接,内中心筒的中间部分设计有内充填通道,该充填通道结构为正方形,边长6mm,数量为3个,沿着内中心筒均匀分布。内中心筒的外表面与外中心筒的内表面设计为间隙配合,二者之间可以自由运动。在内中心筒和外中心筒之间设计有关闭滑套,关闭滑套的内壁与内中心筒的外壁为间隙配合,关闭滑套的外表面与外中心筒的内表面为间隙配合。关闭滑套的内部设计有强力复位弹簧,弹簧的上端顶紧在关闭滑套的内端面,强力复位弹簧的下端面顶紧在下连接装置的上端面上^[4]。

在现场应用的过程中,首先将上连接装置、外中心筒、外充填通道、关闭滑套、强力复位弹簧、下连接装置用管柱下放到预定位置,然后下入内中心筒、堵塞装置,内中心筒的外部阶梯与关闭滑套上端面接触,

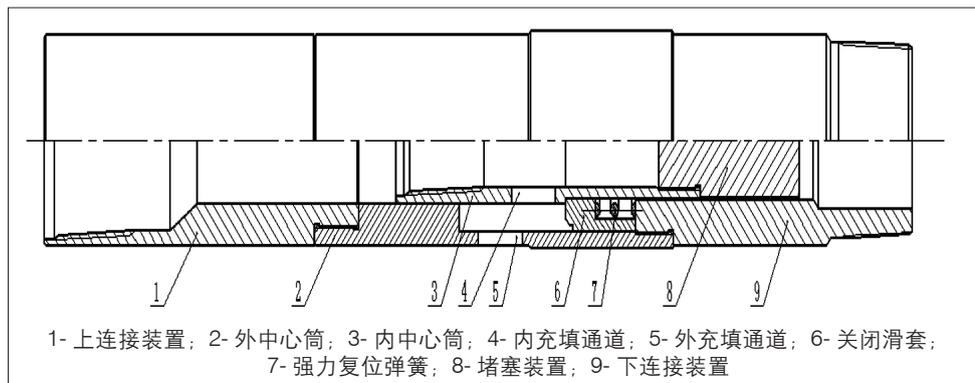


图1 挤压充填防砂工具结构组成

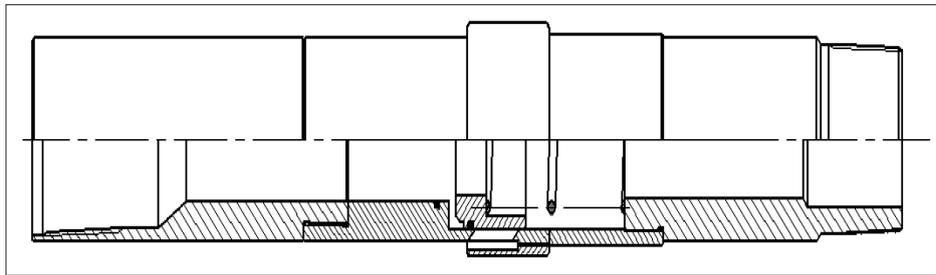
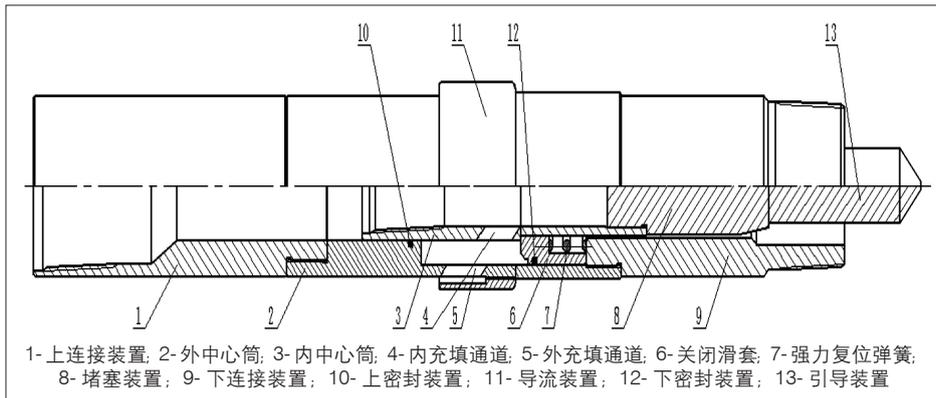


图2 挤压充填防砂工具留井或初始结构图



1-上连接装置; 2-外中心筒; 3-内中心筒; 4-内充填通道; 5-外充填通道; 6-关闭滑套; 7-强力复位弹簧; 8-堵塞装置; 9-下连接装置; 10-上密封装置; 11-导流装置; 12-下密封装置; 13-引导装置

图3 挤压充填防砂工具改进后的结构图

推动滑套和弹簧向下运动，将外充填通道开启，实现内充填通道和外充填通道的连通。此时通过内中心管内腔注入充填砾石砂浆，液体经过内充填通道、外充填通道进入到外中心筒外部，实现充填作业。施工结束后起出内中心筒和堵塞装置，留井结构和工具初始结构如图2所示。

笔者设计的挤压充填防砂工具基本能够满足现场施工作业要求，能够实现砾石充填防砂作业，机构可以可靠关闭，避免砾石进入管内，起到了较好的作用。但是，在进一步的研究中发现，该结构设计存在部分可以继续优化和完善的地方，如堵塞装置末端为平式设计，在工具入井过程中，如果是水平井，则存在遇阻的风险；内充填通道与外充填通道之间虽然连通，但是充填孔位置对应关系及结构不利于砂浆喷出后向左流动，不利于充填作业^[5]。另外，在管柱外部增设导流装置可以提升充填效果。为此对现有的充填工具结构进行了进一步的改进与优化。

4 挤压充填防砂结构改进优化

改进和优化后的挤压充填防砂工具，其主要组成部分为上连接装置、外中心筒、下密封装置和引导装置等（图3）。该工具改进后现场应用效果良好，施工成功率获得较大提升。

5 结语

通过对挤压充填防砂工具进行解构研究设计，完成了挤压充填防砂完井工具结构图等成果。研究的挤压充填防砂工具能够实现砾石的施工充填和后期防砂，同时在施工结束后，关闭滑套可以安全关闭，有效防止地层砂进入井筒。最后对工具进行了相关的改进和优化，进一步提升其性能，确保现场施工成功率。该研究成果具有较好的应用前景。

能，确保现场施工成功率。该研究成果具有较好的应用前景。

参考文献:

- [1] 何生厚, 张琪. 油气开采工程 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2003: 432-433.
- [2] 姚治明. 砂岩油藏出砂机理与筛管防砂技术研究 [D]. 荆州: 长江大学, 2020.
- [3] 李岩翔. 油井出砂成因分析及防砂技术研究 [J]. 化工管理, 2016(26): 207.
- [4] 李雷. 油井防砂技术措施 [J]. 化工设计通讯, 2019, 45(04): 249.
- [5] 哈长鸣. 浅析油井出砂的危害及防砂技术 [J]. 化工管理, 2015(5): 136.

作者简介: 宋胜鹏 (1986.10-), 男, 汉族, 甘肃天水人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 机械产品的设计与制造。