

油井出砂的危害及防砂技术分析

王金平

新疆塔林投资(集团)有限责任公司

摘要:石油是现代化发展的重要能源,近些年,我国的石油工业发展趋势持续增强,全球化发展也使得人们对于能源的需求量增多。但在油井开采的过程中,油井出砂问题频繁,油井出砂不但会导致油井减产,引发井下设备老化、磨损,严重时还会引发开采区亏空、油井报废等问题。为此,本文分析了油井出砂的机理,探讨了油井出砂的影响因素,阐述了油井出砂的危害,并提出防砂技术的具体应用。以期高效解决油井出砂问题,带动国内石油开采工作的顺利发展。

关键词:油井;出砂;危害;防砂技术

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.12.229

引言

随着石油资源的持续开采,使得地球的石油资源储备量越来越小,形成了石油能源日益枯竭的局面。许多传统油田逐渐进入中后期开采阶段,新油田的勘探与开发技术日益复杂,还有复杂多变的地质条件、高含砂开采区域的增多以及深水、高温高压油气藏的开发都给油井出砂问题带来了挑战。油井出砂不仅会引起设备磨损和堵塞,还会造成油井环境污染和人员安全风险,因而必须要明确油井出砂的危害,合理应用防砂技术改善和解决油井出砂问题。

一、油井出砂的机理概述

在油田开采期间油井出砂现象时有发生,油井出砂具体是指地下油层中的一些砂粒和颗粒被涌入井筒中随着油气一起被采出地面,油层中的砂岩通常是由细颗粒的石英砂粒和岩屑矿物组成,当地层中的地层水或地层气产生流动时,会对砂砾产生冲刷和剥蚀,导致砂砾从地层中脱落并随着流体一起进入井筒。另外,砂岩中的黏土矿物也有可能因吸附水分膨胀而导致地层破坏,从而产生砂粒脱落^[1]。

油井开采作业对地层会造成一定的影响和破坏,这也是导致出砂的重要因素。油井在高压差作用下会产生液体或气体,井筒周围地层受到压力的作用,容易产生破裂、塌陷等现象,从而导致周围砂砾被冲入井筒。而机械扩筒和修井作业等工序,也会对地层产生振动和冲击,加速了地层砂砾的脱落,由于地层物理性质发生变化,从而引发了油井的出砂现象。油井出砂作为一种复杂的现象,不仅与地层相关,也与开采作业活动密切相关。所以,在开采作业期间,要合理开发油田,选择安全、科学的开采技术,减少产砂问题的发生,保障油井的正常生产。

二、油井出砂的影响因素

1. 油田地质条件的影响

我国的油田资源相对比较丰富,分布比较广泛,油田开采的地质条件极具复杂性,地层的岩性和成岩作用对于油井出砂的发生有着直接的影响。比如,砂岩层具有孔隙度大、含砂量高的特点,其岩屑易受流体冲刷作用而被冲入井筒,当油田开采遇到砂岩地层时,砂砾易被流体冲刷而导致产砂量增加。此外,地层的结构和压实程度也会影响地层的稳定性,进而影响砂粒的稳定性。由此可以明确地质勘探和评价过程中对地层的岩性及地层稳定性进行全面研究,可以为预防油井出砂问题提供重要依据。

在对油田地质条件综合分析期间还需要考虑地层的渗透性、孔隙度等因素,渗透率反映的是地层对流体渗流的条件,而孔隙度则会影响地层对沉积岩屑的稳固性。地层中含水的条件也是导致地层稳定性下降的重要因素之一,在高渗透率、低稳定性地层区块,容易因地层水动力下砂砾被冲出而产生较大的产砂量。

2. 原油开采方面因素的影响

油田开采需要使用相应的设备和技术手段来对地层当中的原油资源进行获取,在原油开采过程中的实际操作和工艺技术的选择也会对油井出砂情况产生直接影响。以采油速度和注水量这两个因素来讲,高生产速度和大量注水可能会增加地下水流动和地层岩屑的冲刷,从而导致油井产生砂岩。在采油方式方面,水平井由于其相对较大的产能和较长的油水接触线,使得油井出砂问题变得更加复杂。在实际开采的过程中人为增加地层压力也可能导致砂岩破碎和流动,进而增加产砂的可能性。

3. 人为因素的影响

油田开采作业十分复杂,技术难度大,作业人员的技术水平对油田开采直观重要。一旦在井下作业期间,工作人员操作不当,技术水平不达标,可能会出现过度振动、压力过大,影响地层的稳定性,导致地层岩屑

进入井筒，引发油井产砂问题。另外，油井开采大多是井下作业，井下环境复杂，一旦安全措施落实不到位，也可能导致地层岩屑进入井筒，从而引发产砂问题。所以，油井开采作业必须要重视人为因素的影响，要从管理人员和作业人员等多方面入手，制定科学、严格的操作流程和开采方案，最大限度地降低人为因素对产砂问题的影响，确保油井的正常运行和生产。

三、油井出砂的危害

长期以来，石油工业发展中对石油能源进行大量的开采，而由于多方面原因的影响，比如技术不先进、设备使用不当、开采方案缺乏科学性等，导致石油能源的开采出现了一些瓶颈。油井出砂问题的形成对石油开采有重要的影响，对于油井出砂的危害必须要得到重视。如果不及时处理，不仅会对油田开采作业的效率和安全构成严重威胁，也会对环境 and 资源造成长期的影响。当油井出砂问题形成时，砂粒随着原油一起进入井口和管道，会引起管道和设备的堵塞、磨损和损坏，这势必会导致设备效率下降、维修成本增加，甚至因设备损坏而导致生产中断，直接影响油田的正常生产和经济效益。

大量的砂粒进入井筒和油层后将在地层的稳定性造成严重问题，甚至可能引发地质灾害。例如，井筒塌陷、地层崩塌等，将严重影响油井安全和作业人员的人身安全。同时，还会对油井周围的土壤和地下水造成严重的污染，危害周边水域安全和居民健康。如果砂粒和油污混合泄漏到地下水和土壤中，还会破坏生态平衡，对植被、土壤和水资源造成长期影响，这些都会对当地的生态环境和可持续发展构成严重威胁。

四、油井防砂技术的应用

1. 机械防砂和防砂管柱技术

(1) 机械防砂技术

机械防砂技术主要是通过使用筛管、油井环空器、网管等物理装置来阻止颗粒进入管柱和地层，与此同时，允许流体自由通过，这样既能保护井下设备又能保留了油井生产效率。首先，筛管的使用，筛管是由金属丝网或金属板制成的具有一定孔径的筛选装置。在油井中筛管通常被安装在油管 and 套管的外表面或者安装在生产管柱的下部，其中筛管的孔径可以根据需要选择，以阻止不同尺寸的颗粒进入管柱和地层，安装筛管可以在防止砂粒进入管柱的同时，保持油井的通透性，确保流体可以顺利通过。其次，油井环空器的使用，在一些含砂沉积的地层中为了防止砂粒进入管柱，就可以采用油井环空器技术，其需要在油井套管和地层之间的空隙中填充一定粒径的石子或砂砾来形成一个过滤层，以阻止砂粒进入管柱而不影响流体的通过。而在一些含砂地层

中还可以使用网管来保护管柱和地层，网管是一种具有微小孔径的金属管，可以在一定程度上过滤掉颗粒，在实际油井操作中如果遇到砂粒威胁管柱和地层的情况，可以选择安装网管来加强防砂效果。

此外，需要注意的是无论是筛管、油井环空器还是网管，都需要进行定期的检测和清洗工作，以确保其正常运行和有效防砂，检测可以采用地面设备对油井下部的防砂装置进行检测和监测，而清洗工作则可以采用高压水或化学溶剂等手段，清除堵塞和污垢，恢复防砂装置的效果。

(2) 防砂管柱技术

防砂管柱技术的应用简单的来说就是采用特殊设计的管柱（其结构中包含特殊的筛管或网管）来阻挡固体颗粒并同步允许流体通过，选择合适的筛管或网管结构和布局方式，可以有效地阻止砂粒等颗粒物进入管柱并影响地层稳定。在实际应用中需要综合考虑油井的具体地质条件和生产操作要求，以选择最合适的防砂管柱技术方案，确保其在油井生产过程中发挥最大效益。

2. 化学防砂技术

化学防砂技术是利用化学药剂来减少或阻止油井中的固体颗粒沉积和结垢的技术，可以使用的化学药剂有颗粒抑制剂、沉淀抑制剂和分散剂等，这些化学药剂可以通过改变固体颗粒的表面特性或改变流体的物理化学性质来实现防砂的效果。化学防砂技术主要是应用于井下作业液、压裂液和水驱生产系统中，以减少固体颗粒对井下设备和地层的影响。在实际技术应用期间，需要先对油井的地层岩性、孔隙结构、流体性质等地质条件进行评估，了解固体颗粒沉积的可能性和影响程度。并以此为依据选择合适的化学药剂，并同时需要考量化学药剂对地层和设备的兼容性以及其对井下操作液的稳定性和影响。

要根据油井的具体情况，确定化学药剂的最佳浓度和注入方式。通常情况下，化学药剂会与作业液或压裂液一起注入井内，以达到预防固体颗粒沉积的效果。在运用化学防砂技术的过程中，需要进行实时监测油井产量、压力、温度以及注入药剂的浓度等情况，结合实际来及时调整化学药剂的浓度和注入方式，以确保其持续发挥作用。还要定期评估使用化学防砂技术后的油井生产情况、设备磨损情况和地层沉积情况，根据评估结果适时调整化学药剂的使用方案，以保持最佳的防砂效果。

3. 复合防砂技术

复合防砂技术的应用范围非常广泛主要包含机械防砂设备、化学防砂剂、压裂充填防砂技术以及其他相关

技术的结合使用, 通过将多种不同类型的防砂技术结合应用, 可以在油井钻井、完井和生产过程中提高防砂效果和持久性^[2]。在实际应用中, 复合防砂技术可以更全面地应对复杂的井下环境和砂岩产层为油井防砂问题提供更加全面的解决方案。通过机械防砂设备的使用可以有效地阻止固体颗粒进入管柱和地层, 保护井下设备和地层; 而化学防砂剂则可以减少或阻止砂粒的沉积和结垢, 从而进一步加强对固体颗粒的阻止作用; 压裂充填防砂技术也可以通过注入特殊的压裂充填料来减少砂粒的运移和产生。这些技术在不同层次上相互协作, 共同构筑起一道坚固的防砂屏障, 保护油井设备和地层。

常用的复合防砂技术模式为将机械防砂技术与化学防砂技术的优势相结合, 主要的原理就是在油井地层周围通过化学技术形成良好的渗透性人工井壁, 采用机械防砂技术实现二次挡砂效果。在选择适用的复合防砂技术时需要充分考虑油井的具体情况和地质特征, 综合运用不同防砂技术的特点并进行系统的设计和实施, 这需要对油井的地质条件、生产操作和化学药剂等因素进行全面评估, 以选择出最合适的组合方案。而在实际的应用中需要对复合防砂技术进行持续的监测和调整, 以确保其在油井生产过程中持续发挥出最大的防砂效果。

4. 压裂充填防砂技术

压裂充填防砂技术通常应用于油井压裂和酸化作业中, 以避免固体颗粒对井下设备和地层的破坏, 其技术的实际应用是通过在地层中注入特殊的压裂充填料来减少或阻止固体颗粒的运移和产生, 其中的压裂充填料通常是特殊设计的颗粒材料, 可以填充地层中的孔隙和裂缝实现阻止固体颗粒进入油井井筒。在进行压裂充填防砂作业前需要先通过岩心分析、地震资料解释、测井资料分析等手段来对地层进行全面评价, 以此来了解地层的渗透性、孔隙结构、可能存在的砂层情况等参数。根据调查评价的结果来对充填材料进行惊险挑选, 常用的充填材料是具有一定强度和耐高温、耐高压性能的颗粒状材料, 如特制的树脂砂、陶瓷颗粒等。

然后进行充填剂的设计, 要根据地层情况和防砂的需要来对充填剂的配方和工艺参数包括充填材料的颗粒度分布、浓度、悬浮液密度、黏度等进行科学编制。之后利用压裂充填设备在压裂或酸化作业的过程中, 注入设计好的充填剂, 通过泵送或压裂技术将充填剂注入地层的裂缝和孔隙中, 实现填充空隙进而防止颗粒砂进入油井井筒。需要注意的是每个压裂充填防砂作业后要进行覆盖层设计, 对于压裂充填防砂作业后的地层, 通过设计覆盖层结构可以进一步稳定地层, 保护充填材料防

止颗粒的运移^[3]。在充填防砂作业完成后需要进行相应的动态监测和评估, 确认充填效果和地层稳定情况, 保证技术应用优势的切实发挥。

5. 油井防砂、排砂结合技术

目前, 油井防砂工作正朝着防砂、排砂结合的方向发展。油井防砂和排砂结合技术是指在油井生产过程中, 同时采用防砂和排砂的技术手段, 以维护井下设备和地层的清洁和完整, 以此有效地防止固体颗粒进入油井和地层, 在配合定期清理井底产层的固体颗粒, 可以显著延长油井的运转寿命并提高产能和稳定生产。

首先, 防砂技术是需在井口或井下设备上安装沉淀器、除砂器或离心分离器, 用于分离油污、砂粒等固体颗粒, 减少固体颗粒进入井内的可能性, 在井下设备的生产管道中安装防砂滤管, 能有效地过滤固体颗粒, 防止其进入地层, 同时向井下地层中注入化学防砂剂, 在地层中形成致密的固结物质, 阻止固体颗粒的移动和溶解, 减少井底沙砾的产生和运移。

其次, 排砂技术是定期使用下泵器或人工排砂工具对井下产层进行清理, 排除积聚在井底的砂粒和杂质, 利用高压水射流冲刷井底, 在井底产层表面形成孔洞, 促进砂粒和杂质的排出, 同时向井下注入特定的人工排砂剂通过化学作用分解或溶解井底的砂砾积聚, 使其流至地层, 实现排砂清理^[4]。

结语

总之, 石油工业作为全球最大的能源行业之一, 其发展对全球经济和能源供应有着重要影响, 这使得提高石油资源的开采效率和生产安全性成为石油工业发展的关键任务, 油井出砂对于石油开采生产的不良影响有目共睹, 石油开采企业必须要重视油井出砂与防砂工作, 尤其现代科技发达一些新型防砂技术的不断涌现, 这也为油田开采带来了新的思路, 对于防砂技术的应用需要持续进行优化与创新。

参考文献

- [1] 陈同骁. 油井出砂的危害及防砂技术分析[J]. 化工设计通讯, 2022, 48(08): 10-12.
- [2] 王定祥. 油井出砂原因及防砂技术应用[J]. 化工管理, 2019(02): 200-201.
- [3] 袁伟伟, 张启龙, 陈彬等. 渤海某油田油井出砂及筛管冲蚀分析[J]. 科学技术创新, 2022(25): 193-196.
- [4] 王亮亮, 王杰祥, 王鹏等. 东河油田注气出砂主次影响因素及技术对策[J]. 断块油气田, 2022, 29(05): 680-686.