

# 稠油井机械防砂技术与应用评价

张硕

辽河油田公司高升采油厂工艺研究所

DOI:10.12238/jpm.v3i7.5084

**[摘要]** 防砂是油藏开发过程中极为关键的工作内容之一,出砂问题将对油管、深井泵等相关设备造成严重磨损,极大地增加不必要的维修工作量,出砂严重时甚至可能造成油层坍塌和油井报废,进而在很大程度上增加生产成本,提升后续开采难度。为了提高油井周期产油、延长周期寿命,稠油开发单位以及工作人员需要根据出砂情况确定防砂类型和具体措施,探究有效防砂技术及方法成为相关工作者亟待解决的问题之一。本文从稠油开采防砂技术入手,探究稠油开采防砂相关影响因素,以期为提升防砂效果以及开采有效性提供资料参考。

**[关键词]** 稠油开采; 防砂; 影响因素

**中图分类号:** TE345 **文献标识码:** A

## Mechanical Sand Control Technology and Application Evaluation of Heavy Oil Well

Shuo Zhang

Liaohe Oilfield Company Gaosheng Oil Production Plant Technology Research Institute

**[Abstract]** sand prevention is one of the key work content in the process of reservoir development, sand problem will cause serious wear on oil pipe, deep well pump and other related equipment, greatly increase the unnecessary maintenance workload, sand serious may even cause oil layer collapse and oil well scrap, and to a large extent, increase the production cost, improve the difficulty of subsequent mining. In order to improve the oil well cycle oil production and extend the cycle life, the heavy oil development units and the staff need to determine the sand prevention type and specific measures according to the sand discharge situation, and explore the effective sand prevention technology and methods has become one of the urgent problems to be solved by the relevant workers. This paper starts with the sand prevention technology of heavy oil mining, and explores the relevant influencing factors of the sand prevention of heavy oil mining, in order to provide data reference for improving the sand prevention effect and mining effectiveness.

**[Key words]** heavy oil exploitation; sand prevention; influencing factors

在油藏开发过程中防砂是极为重要的工作内容之一,而在疏松砂岩油藏开发过程中若想提升原油采收率需要特别重视防砂工作。疏松砂岩油藏在我国原油储量和产量中均占一定比重,广泛分布于我国各大油田,因此提升疏松砂岩油藏开采效率必须对油井防砂技术进行深入探究和分析。目前在易出砂的油气藏开采过程中已广泛运用了机械、化学等多种防砂技术,但是防砂措施的有效实施必须对流体性质、岩石性质以及相关生产制度进行综合分析。

### 1 稠油开采方法

所谓稠油就是指比重大、粘度高的原油,该种原油具有流动阻力大的特点,因此无论是从油层流入井筒还是将其从井筒送至地面都具有较大难度。一般而言,对于已经进入井筒的稠油采用稀释法或降粘法,未实施的稠油则多采用热力开采法。

蒸汽吞吐法就是指将高温高压蒸汽通过管柱注入地层,随后依靠地层压力从同一井口排出油水混合物的开采方式,这一方法开始于50年代,现已在工业各个环节和阶段进行使用。将蒸汽注入油层过程中需要高压蒸汽锅炉,不仅如此,这一方法的困难之处还在于要通过隔热管柱等的使用减少蒸汽热焓值在地面和井筒中的损失。另外,因井筒和井口在此过程中需要耐高温、耐高压,因此必须采用注汽井口或者注采一体井口。

### 2 机械防砂技术发展概况

对于出砂油藏,防砂是油气藏开采不可缺少的环节,对原油的稳定开采起着重要的作用。进入20世纪90年代以来,在旧的防砂工艺不断完善的基础上,积极研究开发防砂新工艺、新方法,特别是在机械防砂方面,取得飞速的进展。

目前防砂技术主要是以机械防砂为主。机械防砂约占防砂作业的90%以上。目前机械防砂工艺主要分为以下几类:

### 2.1 机械管柱防砂

防砂过程中使用的管柱均为滤砂管柱。滤砂管柱同样又可以进一步进行细分,主要有筛管预井预防砂以及泵下悬挂滤砂管等。筛管预井预防砂与泵下悬挂滤砂管相比更为先进,因此优势也较为明显,具有成本低、操作方便、难度较低等优势,但是因其强度较低,因此无法有效治理损坏筛管。泵下悬挂滤砂管可以极大降低施工难度,同时对于提升工作效率、降低花费成本也有较为明显的作用。但是这一方法也有较为明显的缺陷,即过流面积较小,因此在滤砂过程中很可能出现滤砂管堵塞这一问题,滤砂管使用周期较短。而将滤砂管悬挂于分隔器上则需要较大直径滤砂管,这一方法在一定程度上拓宽了渗流通道,但同时也加大了成本。泵下滤砂管的悬挂仅能预防泵卡,因此在一般出砂井中较为适用,这主要是因为一般出砂井油层骨架砂与其他出砂井相比更为稳定,而在分隔器悬挂滤砂管则可以有效减少滤砂管外部损坏,这在受严重破坏的骨架应力结构中更为实用。以上两种方法均主要应用于中砂岩地层。

### 2.2 砾石充填防砂

在筛管下入井内后可使用高渗砾石实施填充,填充的主要位置为筛管和套管间,这一做法的主要目的是通过砾石的填充对于筛管形成保护屏障。这一防砂方法操作便捷、应用范围广,因此在开采作业中能够得到广泛使用。

## 3 稠油开采机械防砂相关影响因素

### 3.1 筛管缝宽

筛管缝宽是决定防砂工作能否顺利实施的关键要素,而缝宽的选择则应以砂粒径为评判标准。工作人员不仅需要对其一处砂井粒度中值进行调查和判断,更要考虑到各个区块的情况,综合考虑全区出砂井出砂粒径,在现场防砂工作进行时全面分析粒径,以此为基础选择符合要求的最佳防砂管柱。

### 3.2 筛管过流面积

过流面积是防砂工作过程中对筛管适应性实施评判的关键指标之一,因原油粘度的不同,因此各个井区对于筛管过流面积存在各自不同的要求。过流面积较大、防砂效果较好,则在此区域中应使用大筛管以满足生产需求。在高粘原油出砂井稠油开采过程中要对筛管强度予以保证,因此必须保证防砂管过滤面积较大。这也说明管体外径与长度有直接关联,防砂管的长度应与其外径成正比,防砂管过流面积越大,则在原油开采过程中油流阻力越低,进而提升防砂工作质量。

### 3.3 出砂速度

在稠油开采过程中,对于井内砂面上升速度的最直接反映便是出砂速度,若油井砂面呈现较快上涨态势,则在实施防砂管柱时应保持警惕态度,因为若出砂问题严重可能会将泵下悬挂滤砂管或者井下泵埋死,使其无法充分发挥作用。对于这一情况则应采用化学防砂法或者选用大直径防砂筛管,砾石充填也可以对这一问题进行一定程度解决。

### 3.4 防砂管设计与工艺水平

影响防砂工作的一大重要原因还是防砂管设计加工水平,新时期防砂管已经在传统防砂管基础上得到了较大发展,无论是结构设计亦或是加工工艺都有了极大进步。且科学技术发展使得防砂管设计加工过程中融入了更多现代化科技,机械防砂工艺也逐步向多元化发展。以机械防砂管柱来说,在新时期已经不再以绕丝筛管为基础,而是大量使用等离子筛管、金属纤维等。在防砂工艺方面也由泵挂筛管砂取代了之前的管内绕丝筛管防砂。不仅如此,各项防砂技术也得到了长足进步,因此,防砂工作无论是效率还是质量都有了极大提升。

### 3.5 原油粘度

稠油开采防砂质量还与原油粘度有极大相关性,因为原油粘度过高将出现砂粒运移情况。一般来说,原油粘度越高,开采过程中产出液摇曳力也会随之增强。不仅如此,黏度过高会使得防砂管柱因裹挟泥沙过多而产生堵塞,影响防砂管的正常使用,甚至会造成渗流通道堵死,进而缩短防砂管柱使用寿命。因此在原油开采工作进行中若粘度过高,则应以出砂情况作为评判标准,若出砂情况并不严重,则可以直接使用大直径防砂管或筛管缝中等的防砂管,同时运用多种稠油开采方法,如电加热等降低原油粘度,保证稠油开采工作顺利实施。

通过以上因素分析可以得出结论:

(1) 出砂具有普遍性,出砂量随注汽轮次和排液速度的增加而呈现一定规律的增加。油井出砂最直接的原因是:注高温高压蒸汽的强采方式对油层结构的破坏,汽窜和管理不当会造成油井严重出砂。

(2) 初期携砂生产,疏通地层孔隙,增大渗流面积,改善地层条件,使油藏的蒸汽吞吐和蒸汽驱过程更易于管理。后期对储层采取防砂措施,对储层进行恢复和改造,减少了修井频率,延长了油井免修期。

## 4 防砂后经济评价

对于出砂的油井而言,其采取防砂是为了阻挡地层砂进入井筒,改善流体渗流,从总体上在尽可能的提高油井的产量,同时降低油井检修周期。通过前面的防砂工艺优选出出数种可行的防砂方法后,还必须考虑经济效益,事实上,所有工艺措施都是为提高单井的经济效益。经济评价的主要内容:根据之前的产能预测得到的结果作为参数进行经济效果的评价,并计算出相应的经济评价指标,为防砂方案的选择提供决策,最终获得一种从经济和技术上都+错的最佳防砂措施。

### 4.1 不同寿命方案的经济对比模型

不同有效期方案的经济对比的S本原理:设置一个总的评价周期T,在这个周期内对各种方案进行对比,根据每个防砂工艺有效期不同的特点,总的评价周期可以取为所有的防砂工艺有效期的最小公倍数,这样每个防砂工艺的作业重复次数为整数,并至少是一次。在此我们假设各工艺的有效期限是那么多每个防砂方案在总的评价周期内进行重复作业的总数量可以表示为:

$$n_i = \frac{T}{t_i} - 1$$

由于做的经济评价是在采取防砂措施后进行的,那么就必须考虑措施形成的附加成本,由于这个数量一般都是较高,不能忽略。采取重复作业的方式进行评价是非常合理的,这与油田实际情况是一致的,因为油井防砂措施在有效期过后就会失去效果,这时还得继续进行重复的作业,实际中接下来采取的防砂工艺有可能会与之前的有所区别。这里只是为了对各种防砂工艺做经济评价,故需始终用相同的工艺进行重复作业。

#### 4.2 防砂措施前后的经济对比

为了更准确的表现防砂工艺措施给油井带来的经济效益,可以采用防砂与不防砂时的经济对比来评价防砂措施的经济效果,两种情况下的差值即为防砂措施来的实际经济效益。

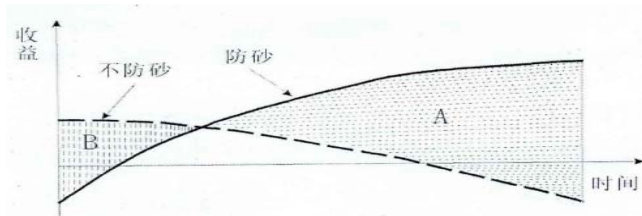


图1 防砂与不防砂情况下的经济对比

此时虚线表示的是油井不采取防砂措施时的经济收益线,由于出砂造成的冲砂、检泵、设备磨损等各种因素的影响,会使生产成本不断增加,油井的净收益会逐渐降低。实线则表示油井在采取防砂时的净收益曲线,由于开始投入大量成本,远大于油井产量收益,曲线刚开始收益表现为负值,位之后收益会逐渐增加。此图中面积A与B的差值能够准确表示油井防砂措施带来的经济效果。

防砂井的产能预测和评价对于选择与设计合理的防砂措施,选择防砂后生产工艺的调整,充分提高油气井的经济潜力有着很大的意义。防砂井产能评价的基本任务是评价具体的防砂措施对油气井产能的影响,并预测防砂后油气井流入动态关系,其基本内容包括:(1)防砂措施对井底造成的流动特性的改变及相应流动压降与表皮系数预测,附加压降及表皮系数表征防砂措施对井底流动条件的影响;(2)防砂产能比预测,防砂产能比即油气井防砂后油井产液指数或气井无阻流量与防砂数值之比,表征防砂措施对油气井产能的影响程度;(3)油气井防砂后的流入动态关系预测,为生产参数调整提供依据。

#### 5 结束语

稠油油藏在开采过程中因热力开采和稠油粘度较大而较易出砂,不仅如此,注蒸汽热采更是会因极高温、极干度蒸汽而使粘土矿物遭到破坏,进而加重稠油开采时的出砂情况。因此,相关工作人员必须首先对于油井地层进行充分分析和理解,优选防砂方式,增加渗流面积,做好油层和深井管柱的双重防护。通过对于油层防砂工艺的优化降低修井次数,进而有效延长其生产寿命,为稠油开采工作提供基础保障。

#### 【参考文献】

- [1]吴志远,黄琪,韩睿,等.致密油藏提高采收率技术瓶颈与发展策略[J].化工设计通讯,2020,46(08):26+41.
- [2]田富全,田云吉,余建国,等.非均质油藏注气提高采收率技术研究——评《提高石油采收率技术》[J].新疆地质,2020,38(01):136.
- [3]陈华兴,庞铭,山金城,等.渤海X油田井筒堵塞物性质分析及溶解剂配制[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2020,22(01):37-39+50.