

机采井防砂沉砂工艺技术研究与应用

白晓飞¹ 徐士楷² 苏洲¹ 徐鹏政² 魏国¹

(1. 塔里木油田分公司油气工程研究院, 新疆 库尔勒 841000)

(2. 盐城市森鑫石油机械有限公司, 江苏 阜宁 224400)

摘要: 目前, 机采井生产时, 地层不可避免的出砂是国内油田普遍存在的共性难题, 成因一是储层特性客观存在, 二是在后期的生产过程中井口未采取有效节流控制, 诱导地层吐砂, 但无论成因如何形成, 都大大降低了单井的采收率, 严重制约了正常生产。为此, 各油田不断通过开采工艺技术革新, 或者与有研发能力的井下工具厂家开展合作, 有针对性的研发适合机采井生产过程出砂问题的新工具。本工艺根据塔中油田(塔中A井为例)机采井开采过程中存在的出砂难题, 在现有机采井管柱技术上配合悬挂封隔器、复合防砂筛管、沉砂筒和防沉砂抽油泵等工具组合, 实现了复合防砂, 解决了机采井停抽后砂粒下沉卡泵停产的问题, 取得了比较理想的防砂效果和经济效益。

关键词: 机采井; 防沉砂; 复合防砂筛管; 沉砂筒; 封隔器

塔中油田位于塔克拉玛干沙漠腹地, 主力层开采为石炭系东河砂岩, 目的层自然产能低, 储层改造已作为提高单井产量的关键技术^[1], 一般采用套管射孔完井, 在投产初期有一定的自喷生产能力, 随着单井开采进入中后期, 储层能量递减, 自喷能力衰弱, 后期生产采用下抽油泵或者电泵诱举, 长期机采过程中, 液面逐渐下降, 储层与井底压差增大, 导致目的层出砂成为普遍现象。储层一旦出砂, 直接影响单井产能, 造成卡泵, 缩短检泵周期, 极大地增加了单井开采成本。

针对上述难题, 研发了机采井防砂沉砂配套工具, 实现了多级防砂, 并成功应用于塔中油田, 有效减缓机采井出砂问题, 解决了停抽后砂粒下沉造成卡泵的难题, 延长了检泵周期。

1 防砂沉砂工艺技术原理

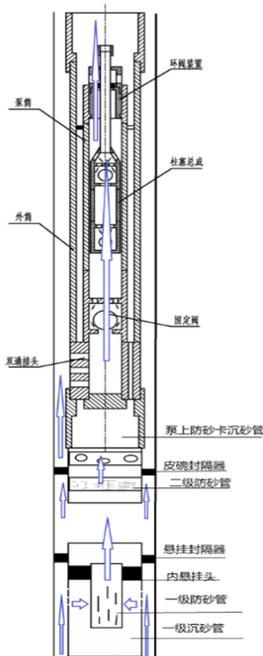


图1 机采井防砂沉砂工艺图

机采井防砂沉砂工艺技术, 分为泵上防沉砂和泵下防沉砂两个系统, 起到逐级防沉砂的目的。泵下又分为二级防沉砂工艺, 一级防沉砂系统有悬挂封隔、悬挂总成、外管和内管等组成; 二级防沉砂系统主要由皮碗封隔器、

复合防砂筛管等组成。(见图1)

1.1 泵下一级防沉砂系统

一级防沉砂系统采用悬挂封隔器、悬挂总成悬挂内防沉砂管与外沉砂管。外沉砂管上端连接5"打孔套管(孔径Φ6mm, 192孔/m)过滤地层大于Φ6mm砂粒物, 小于Φ6mm大于100目的砂粒物因自重沉入5"沉砂筒; 内管是在5"防沉砂管内下入2-7/8"复合防砂筛管及沉砂管过滤大于100目的砂粒物, 小于100大于300目之间的砂粒物进入内管防砂管, 因自重沉入2-7/8"沉砂筒, 同时悬挂封隔器阻挡地层流体通过一级防沉砂系统与套管环空上行。(见图2)

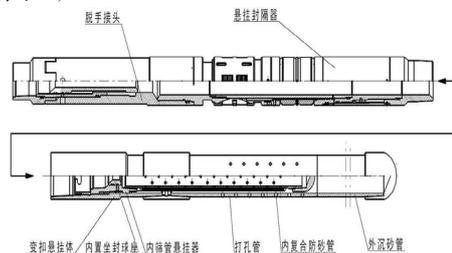


图2 泵下一级防沉砂系统

1.2 泵下二级防沉砂系统

二级防沉砂系统由皮碗封隔器连接3-1/2"全不锈钢复合防砂筛管过滤大于300目砂粒物进入抽油泵内, 小于300目砂粒物进入二级防沉砂管后因自重沉入3-1/2"沉砂筒, 同时皮碗封隔器阻挡地层流体通过二级防沉砂系统与套管环空上行。

1.3 泵上防沉砂系统

泵上防沉砂系统由抽油泵(外设沉砂通道)、防砂伞和防气锁环阀(与抽油杆相连)、阀座(与泵筒相连)、泄油器、沉砂筒(与油管相连)、液体转换通道(与泵下沉砂筒一体)等机构组成, 即机采抽油时部分小于300目的砂粒物进入二级防沉砂管内上行出泵筒, 停抽时砂粒物因自重下落, 被防砂伞檐阻挡外切, 沿泵筒外的环空沉砂通道下落至抽油泵底部5"沉砂筒, 从而起到停抽防砂卡泵的作用。(见图3)

1.4 防沉砂抽油泵基本原理

采油过程中筒内细砂粒、气体和液体组成的混合液经泵下液体转换通道进入泵内, 柱塞上下往复运动将混合液

举升至地面，当柱塞上冲程时，混合液顶开防气锁环阀进入泵筒上部油管内，下冲程时防气锁环阀关闭，阻隔气体进入泵筒，达到防气锁的目的。

停泵时砂粒因自重下落，被防砂伞阻挡，不能进入泵筒，只能沿泵筒外的沉砂通道下行至底部沉砂筒内，达到停泵防砂卡泵的目的。

2 实例应用及效果评价

2.1 现场案例应用

塔中 A 井于 1999 年 12 月完钻，完钻井深 4430m，采用射孔方式完井，生产套规格 177.8mm×10.36mm。2000 年 3 月 8 日自喷投产，2005 年 1 月转电泵生产；2008 年 3 月转抽，截止 2018 年 11 月先后检抽作业 10 次，平均检泵周期 326.3 天，开井率 88.9%。

2018 年 11 月份再次检抽作业，下入机采井防沉砂工艺管柱。11 月 17 日下入泵下一级防砂工具（悬重 130kN），管柱结构：

外管：5" 圆头丝堵 + 5" 套管 20 根 + 5" 打孔管 1 根 + 双管悬挂总成 + 7" 封隔器 + 丢手工具 + 送入管柱 + 补心差 + 方余。（见图 4）

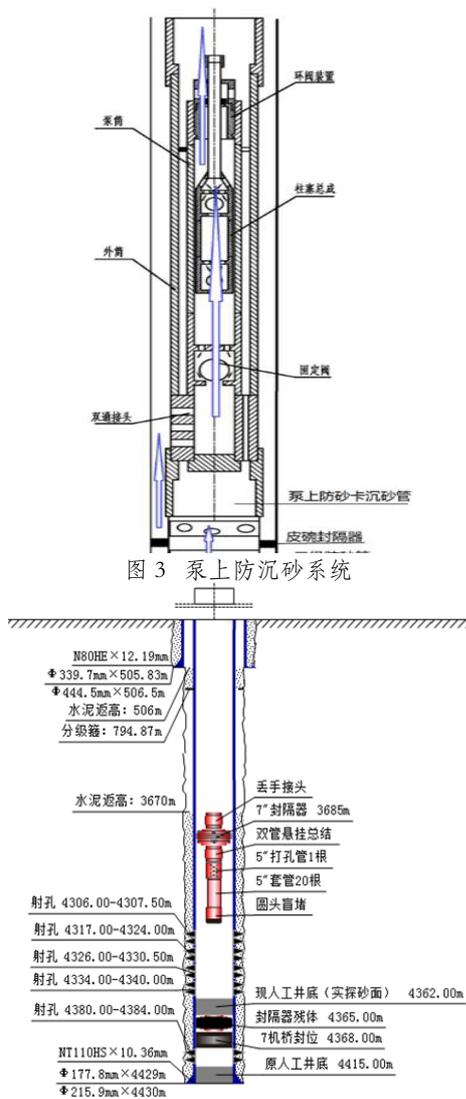


图 3 泵上防沉砂系统

内管：2-7/8" 圆头丝堵 + 2-7/8" 油管 20 根 + 2-7/8" 复合防砂筛管 5 根 + 2-7/8" 油管 2 根 + 2-7/8" 平式双公接头 +

内悬挂头。（见图 5）



图 5 泵下一级防沉砂内管结构

历时 10h 下到设计位置 3685m，悬重 840kN；井口投 $\Phi 28\text{mm}$ 坐封钢球、候球入座，井口与水泥车连接，按工具操作技术要求逐级正打压 5、10、15、20、25MPa，分别稳压 5min，压力不降，封隔器坐封完成。

接单根下放钻具，加压 80kN 验证封隔器悬挂可靠。环空打压 10MPa 稳压 30min 无压降，封隔器验封合格。井口再次正打压至 30MPa \downarrow 0MPa，击落坐封球座，打开采油通道。

井口投 $\Phi 35\text{mm}$ 丢手钢球，候球入座，启泵打压至 18MPa \downarrow 0MPa，上提钻具悬重 700kN，实现泵下一级防沉砂工具与送入管柱脱开。

11 月 17 日下入二级与泵上防沉砂系统，管柱结构：3-1/2" 丝堵 + 3-1/2" 沉砂管 10 根 + 3-1/2" 复合防砂管 6 根 + 7" 双皮碗封隔器 + 5" 沉砂筒 + $\Phi 38\text{mm}$ 防砂抽油泵（下深 3200m）+ 2-7/8" 油管 + 7" 油管锚 + 2-7/8" 油管 + 回音标（下深 1000m 左右）+ 变扣 + 3-1/2" 油管 + 双公接头 + 油管挂 + 油补距。（见图 6）

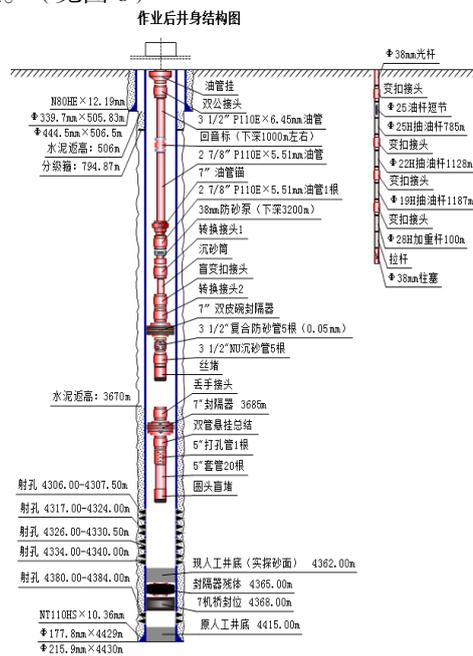


图 6 防沉砂管柱结构总图

6 月 29 日下抽油杆柱塞，按设计要求抽油泵每下深 300m 进行一次试压，每个节点油管内打压 10MPa，稳压 30min 无压降为合格，柱塞下到泵筒以上 30m 处，降低下放速度，直至加压 8kN 防砂伞入座，柱塞入泵筒加压 20kN 碰泵，调整抽汲冲程，试抽符合相关设计要求，完成现场应用。

2.2 现场应用情况及效果评价

该工艺在塔中 A 井的成功应用，现场验证了该技术的

可行性和安全可靠，达到了设计预期目标。

根据对该井后续跟踪，同样规格抽油泵，产能得到了大幅度提高，检泵周期显著延长 23.2%，截止目前未收到因出砂导致卡泵停产事故。（见表 1）

表 1 检泵周期对比表

抽油泵规格	平均检泵周期 (d)	开井率 (%)	防砂工艺
Φ38 杆式	326.3	88.9	泵下挂防砂管
Φ38 杆式	392.0	97.5	泵上泵下防沉砂

随着机采井防沉砂工艺在塔中 A 井取得的显著效益后，此工艺开始推广应用，截止到 2020 年 12 月底，累计应用了 2 口井，后期跟踪无论是单井产能的提高还是防砂效果都取得非常显著的提高，促进了机采井采油技术的进步，具有良好的推广应用前景^[2]。

3 结论与建议

①机采井防沉砂工艺管柱在塔中油田的成功应用，验证了该工艺技术的可行性、安全性和可靠性，达到了该技术的设计预想；

②机采井工艺管柱结构简单，便于操作，实用性强，切合机采井的实际需求，具有良好的市场前景；

（上接第 89 页）反应向生成乙苯的正方向进行，干气不仅是反应物料而且也是取热介质，在干气进入催化剂床层前与上一段出来的热物料接触，干气被加热，热物料被冷却，这样，一方面达到热能的有效利用，另一方面保证了下一段反应床层的入口温度的要求，从而保证整个床层内轴向各点温度处于最佳范围，简化了反应器的结构。为了保证催化剂的活性及稳定性，只要烃化反应发生，反应温度控制越低越好。此外，干气分段进料，每一段苯乙烯分子比都大于总分子比，有利于提高乙烯转化率和生成乙苯选择性。

2.9 如何判断催化剂是否失活

①反应床层温升降低或无温升；②反应器压降明显提

（上接第 88 页）现出一定的直线关系，当采用稀释法进行测定时，在该范围内就能获得比较准确的测定数据。

3 工艺冷凝液中氨测定方法的可行性分析

采用浓度为 1.0~0.02mg/L 的氨标准溶液配置系列标准，并加入一定量的纳氏试剂进行显色反应。通过将其置于 721 型分光光度计进行测定，所采用的可见光波长为 420nm，选用尺寸为 2cm 的比色皿进行比色测定。永久色列与对应的氨含量及氨标准含量与消光值之间存在非常明显的线性关系，可以将其用于指导实际的检测工作。同时，根据检测数据可以看出，相较于后者而言，前者所具有线性关系更为显著。因此，采用本文所述方法用于测定工艺冷凝液中的氨含量是可行的，并且还具有测量速度快和精度高的优点，可以在更大的范围内进行推广应用。

4 总结与讨论

①本文中所论述的永久色列法本质上是一种目视比色法，当检测样品的颜色介于两种色列之间时，对于不同的测定人员而言，或多或少都存在一定的视觉差异，这就会引入大约 ±10% 的相对误差，但是这在生产控制能够接受

③后期作业间隔时间较长，悬挂器锚定装置放在胶筒下方，预防环空沉砂砂埋；考虑到后期修井起钻，悬重势必增加，建议卡瓦设计改为单向悬挂，增加悬挂力，降低解封时的上提力；

④防沉砂抽油泵的耐压、耐高温等技术参数满足机采井要求，抽油泵设计有防气锁和防砂伞，很好地解决了采油时憋泵、卡泵的问题；

⑤实现了多级、多规格防沉砂，取得了比较理想的防砂效果，提高了单井产量，极大地延长了检泵周期，取得了良好的经济效益。

参考文献：

- [1] 刘辉等. 缝洞性碳酸盐岩储层酸压效果影响因素研究 [J]. 钻采工艺, 2013, 36(1): 53-55.
- [2] 黄世财等. 丢手悬挂防砂技术的研发和应用 [J]. 钻采工艺, 2016, 39(2): 67-69.

作者简介：

白晓飞（1969-），河南巩义人，1991 年毕业于江汉石油学院，高级工程师，主要从事采油气及井下作业相关研究工作。

高；③尾气中乙烯含量高。

催化剂的再生、反烃化反应、加热炉控制等不再赘述，当然，化学反应在外界环境发生变化时，比如上游干气量的波动，加热炉氧含量波动导致出口温度的变化等都会对该反应器里的烃化反应造成波动，从而造成产量及尾气中乙烯含量超标等，所以，加强理论学习的同时，还要加强现场实际的操作经验，理论联系实际才能创造出最大的工业价值。

参考文献：

- [1] 黄锡仁, 赵家成. 干制气乙苯生产技术的现状及前景 [J]. 合成橡胶工业, 1982(06).

的范围内；②通过数据分析，对永久色列进行蜡封作为可以永久使用的色列，其相对误差不超过 3%；③当冷凝液中的杂质含量较高时，例如，水样具有一定的颜色或者含有沉淀，采用该方法进行测定时，会引入较大的误差，因此，该方法不适用于上述水样检测。

5 结语

总而言之，为了对尿素合成氨装置工艺冷凝液中的氨含量进行有效的控制，这就需要对其进行快速精确地分析。但是当前的测定方法存在操作繁琐、测量速度慢以及检测设备价格昂贵等缺点，本文中论述了一种永久色列法，通过将其用于工艺冷凝液的测定工作中，有助于快速获取准确的氨含量，进而为后续调整措施的有效制定提供科学合理的指导。

参考文献：

- [1] 唐雪. 气氨快速测定法研究 [J]. 化工设计通讯, 2020(01): 17-18.
- [2] 张温清, 司冠儒, 李井雷, 等. 芝麻香型白酒糟醅中氨态氮的测定 [J]. 酿酒科技, 2020(01): 78-80.