

说明书摘要

专利说明：

人工井壁防砂方法及其防砂用料

本发明公开了一种人工井壁的防砂方法及其防砂用料。该防砂用料包括分别配置的引导液、携砂液和促进液；引导液以重量含量计包括以下组分：氯化钠 0.5%~20%，氯化钙 0.2%~2%，氯化镁 0.1%~1%，烷基酚聚氧乙烯醚 0.2%~4%，耐钙、镁离子的阴离子表面活性剂 0.3%~8%，二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺-丙烯酸共聚物 0.01%~6%；携砂液以重量含量计包括以下组分：二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物 0.01%~5%，氯化铵 0.5%~20%；促进液以重量含量计包括以下组分：渗透剂 8%~22%，脱羟基催化剂 18%~35%。本发明防砂用料进行防砂，可保护地层，携砂能力强、降低摩阻，增加固结强度，防砂后形成的人工井壁渗透率大于 $12\mu\text{m}^2$ 。

权 利 要 求 书

1. 一种人工井壁的防砂用料，其特征在于，包括分别配置的引导液、携砂液和促进液；

引导液以重量含量计包括以下组分：氯化钠0.5%~20%，氯化钙0.2%~2%，氯化镁0.1%~1%，烷基酚聚氧乙烯醚0.2%~4%，耐钙、镁离子的阴离子表面活性剂0.3%~8%，二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺-丙烯酸共聚物0.01%~6%，二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺-丙烯酸共聚物优选为分子量 $1.0 \times 10^6 \sim 8.0 \times 10^6$ ；

携砂液以重量含量计包括以下组分：二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物0.01%~5%，氯化铵0.5%~20%；

促进液以重量含量计包括以下组分：渗透剂8%~22%，脱羟基催化剂18%~35%。

2. 根据权利要求1所述的防砂用料，其特征在于：烷基酚聚氧乙烯醚为壬基酚聚氧乙烯醚、二壬基酚聚氧乙烯醚、辛基基酚聚氧乙烯醚；耐钙、镁离子的阴离子表面活性剂为N-油酰基-N-甲基牛磺酸钠。

3. 根据权利要求1或2所述的防砂用料，其特征在于：渗透剂为阳离子氟碳表面活性剂，优选为3-三聚环氧六氟丙烷酰胺基丙基（2-亚硫酸）乙基二甲基铵、3-三聚环氧六氟丙烷酰胺基丙基甜菜碱、8-3-9氟碳-碳氢柔桥混链双季铵、6-3-9氟碳柔桥混链双季铵、全氟辛基磺酰胺季铵盐、含硫醚键氟烷基季铵盐、含氟烷基磺酸酯季铵盐中的一种或几种；脱羟基催化剂为硼酸三苯酯。

4. 根据权利要求1或2所述的防砂用料，其特征在于：引导液、携砂液和促进液的所用溶剂均为海水。

5. 一种人工井壁的防砂方法，其包括如权利要求1-4中任意一项所述的防砂用料，还包括如下步骤：

(1) 下入防砂管柱，然后通过防砂管柱泵入引导液，对全井筒及地层进行冲洗，优选地，引导液的排量为 $1.0 \sim 4.0 \text{m}^3/\text{h}$ ；

(2) 在携砂液中加入树脂涂覆砂并混合均匀，然后通过防砂管柱泵入携砂液，往地层亏空地带填充树脂涂覆砂；

(3) 在促进液中加入树脂涂覆砂并混合均匀，再通过防砂管柱泵入促进液，使地层亏空充填饱和，优选地，促进液的排量为 $1.0\sim 0.8\text{m}^3/\text{h}$ ；

(4) 上提防砂管柱，用清水或海水反循环洗井；

(5) 起防砂管柱，关井 $10\sim 24\text{h}$ ，促使充填的树脂涂覆砂在水的作用下产生初始胶结；

(6) 再下入防砂管柱，冲砂至井底，优选地，在冲砂冲不动后进行钻塞；

(7) 上提防砂管柱至油层底界以下，正循环加热，完成树脂涂覆砂的固化，从而形成人工井壁。

6. 根据权利要求1所述的防砂用料，其特征在于：在步骤（2）中，加入的树脂涂覆砂与携砂液的固液质量比为 $3\%\sim 40\%$ 。

7. 根据权利要求5或6所述的方法，其特征在于：在步骤（2）中，通过防砂管柱泵入携砂液的具体步骤包括：第一阶段，携砂液的排量为 $1.8\sim 3.6\text{m}^3/\text{h}$ ，时间为 $2\sim 3$ ，加入的树脂涂覆砂与携砂液的固液质量比为 $3\%\sim 12\%$ ；第二阶段，携砂液的排量为 $1.8\sim 2.6\text{m}^3/\text{h}$ ，时间为 $2\sim 3$ ，加入的树脂涂覆砂与携砂液的固液质量比为 $12\%\sim 18\%$ ；第三阶段，携砂液的排量为 $1.2\sim 0.8\text{m}^3/\text{h}$ ，时间为 $1\sim 1.5$ ，加入的树脂涂覆砂与携砂液的固液质量比为 $18\%\sim 40\%$ 。

8. 根据权利要求1所述的防砂用料，其特征在于：在步骤（3）中，加入的树脂涂覆砂与携砂液的固液质量比为 $18\%\sim 55\%$ 。

9. 根据权利要求5所述的防砂用料，其特征在于：树脂涂覆砂的粒径为 $0.3\sim 0.6\text{mm}$ 。

10. 根据权利要求5所述的方法，其特征在于：正循环加热时，井口的温度为 $90\sim 100^\circ\text{C}$ ，井底的温度为 $60\sim 80^\circ\text{C}$ 。

说明书

一种人工井壁的防砂方法及其防砂用料

技术领域

本发明涉及一种人工井壁的防砂方法及其防砂用料。

背景技术

在油气田开采过程中，地层出砂是经常要面临的问题，尤其是疏松油气层的开采过程中混采油气井或混注的水井，出砂是不可避免的。油井出砂会造成生产设备磨蚀、损坏，降低油井产量，提高生产成本等问题；严重时还会造成地层坍塌、盖层下陷以及套管变形、错段等问题，使油井报废。

目前，国内外油气井防砂方法主要有机械防砂和化学防砂两种。机械防砂主要是在生产井段挂接如割缝衬管、绕丝筛管、双层或多层筛管、砾石充填、各种防砂器等，利用冲砂管柱、防砂器阻挡住地层砂，防止地层砂进入生产井筒。然而机械防砂是对储层内部已形成的出砂、出水高渗透率大孔道进行封堵，无法解决水窜、汽窜、含水上升等复杂问题；未对储层内部松散的砂粒进行固结，易导致防砂管冲蚀，降低防砂有效期。

化学防砂是向地层挤入一定量的化学剂充填于地层孔隙中，以达到充填和固结地层，提高地层强度防止油气井出砂的目的。化学法防砂缺点：注入剂存在胶结不均匀、老化现象，致使防砂有效期短；严重伤害储层并降低渗透率，防砂后油气井产量下降。

发明内容

针对现有技术的不足，本发明提供了一种人工井壁的防砂用料。本发明防砂用料进行防砂，可保护地层，携砂能力强、降低摩阻，增加固结强度，防砂后形成的人工井壁渗透率大于 $12\mu\text{m}^2$ 。

本发明提供了一种人工井壁的防砂用料，包括分别配置的引导液、携砂液和促进液；

引导液以重量含量计包括以下组分：氯化钠0.5%~20%，氯化钙0.2%~2%，

氯化镁0.1%~1%，烷基酚聚氧乙烯醚0.2%~4%，耐钙、镁离子的阴离子表面活性剂0.3%~8%，二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺-丙烯酸共聚物0.01%~6%，二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺-丙烯酸共聚物优选为分子量 $1.0\times 10^6\sim 8.0\times 10^6$ ；

携砂液以重量含量计包括以下组分：二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物0.01%~5%，氯化铵0.5%~20%；

促进液以重量含量计包括以下组分：渗透剂8%~22%，脱羟基催化剂18%~35%。

烷基酚聚氧乙烯醚为壬基酚聚氧乙烯醚、二壬基酚聚氧乙烯醚、辛基基酚聚氧乙烯醚；耐钙、镁离子的阴离子表面活性剂为N-油酰基-N-甲基牛磺酸钠。

渗透剂为阳离子氟碳表面活性剂，优选为3-三聚环氧六氟丙烷酰胺基丙基(2-亚硫酸)乙基二甲基铵、3-三聚环氧六氟丙烷酰胺基丙基甜菜碱、8-3-9氟碳-碳氢柔桥混链双季铵、6-3-9氟碳柔桥混链双季铵、全氟辛基磺酰胺季铵盐、含硫醚键氟烷基季铵盐、含氟烷基磺酸酯季铵盐中的一种或几种；脱羟基催化剂为硼酸三苯酯。

引导液、携砂液和促进液的所用溶剂均为海水。

本发明还提供了一种人工井壁的防砂方法，其包括如上述的防砂用料，还包括如下步骤：

(1) 下入防砂管柱，然后通过防砂管柱泵入引导液，对全井筒及地层进行冲洗，优选地，引导液的排量为 $1.0\sim 4.0\text{m}^3/\text{h}$ ；

(2) 在携砂液中加入树脂涂覆砂并混合均匀，然后通过防砂管柱泵入携砂液，往地层亏空地带填充树脂涂覆砂；

(3) 在促进液中加入树脂涂覆砂并混合均匀，再通过防砂管柱泵入促进液，使地层亏空充填饱和，优选地，促进液的排量为 $1.0\sim 0.8\text{m}^3/\text{h}$ ；

(4) 上提防砂管柱，用清水或海水反循环洗井；

(5) 起防砂管柱，关井 $10\sim 24\text{h}$ ，促使充填的树脂涂覆砂在水的作用下产生初始胶结；

(6) 再下入防砂管柱，冲砂至井底，优选地，在冲砂冲不动后进行钻塞；

(7) 上提防砂管柱至油层底界以下，正循环加热，完成树脂涂覆砂的固化，从而形成人工井壁。

在步骤(2)中，加入的树脂涂覆砂与携砂液的固液质量比为3%~40%。

在步骤(3)中，加入的树脂涂覆砂与携砂液的固液质量比为18%~55%。

树脂涂覆砂的粒径为0.3~0.6mm。

在步骤(2)中，通过防砂管柱泵入携砂液的具体步骤包括：第一阶段，携砂液的排量为 1.8~3.6 m³/h，时间为2~3，加入的树脂涂覆砂与携砂液的固液质量比为3%~12%；第二阶段，携砂液的排量为 1.8~2.6 m³/h，时间为2~3，加入的树脂涂覆砂与携砂液的固液质量比为12%~18%；第三阶段，携砂液的排量为 1.2~0.8 m³/h，时间为1~1.5，加入的树脂涂覆砂与携砂液的固液质量比为18%~40%。

正循环加热时，井口的温度为90~100℃，井底的温度为60~80℃。

与现有技术相比，本发明的具有如下优点：

(1) 本发明的引导液采用烷基酚聚氧乙烯醚、耐钙、镁离子的阴离子表面活性剂和二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺-丙烯酸共聚物合使用，使得引导液具有很好的耐盐性，特别具有耐钙、镁离子能力和耐聚阳离子能力，而且还具有优良的降低油水界面张力的能力，这种配合体系随着盐度的升高油水界面张力进一步降低，可以在不同矿化度下用于洗油和润湿，同时还把井筒周围的自由砂冲至液流带动的地方，对地层不造成过度破坏，并解除钻井液、修井液侵入造成的污染，这是保证后续防砂、增产的关键因素。

携砂液主要是阻止离子交换，降低胶结物的吸水膨胀，还具有抑制自由砂和脱落下来的胶结物微粒运移的特性，地层中的自由砂和脱落下来的胶结物就很难被油水介质携带出来。

根据树脂砂的特性制备了促进液，不但提高六次甲基四胺的分解速度和树脂的软化速度，提高了树脂砂体的固化速度，而且还提高了脱羟基的速度，还提高了树脂砂的软化成度，从而有利于提高人工井壁的渗透率。

(2) 采用本发明防砂用料进行防砂，可保护地层，携砂能力强、降低摩阻，增加固结强度，防砂后形成的人工井壁渗透率大于 $12\mu\text{m}^2$ ，为油层储层原始渗透率的二十多倍，完全可以满足增产的要求，形成完善的增产和井筒内不留工具防砂工艺，提高防砂效果，井筒处理方便，不会因防砂失效造成大修。

(3) 采用本发明防砂用料进行防砂，后期开采方便，没有安全隐患，采油并可转换为注水井没有卡封风险，注水井亦可转换为采油井。

渗透率的测定方法如下：

1、制作试样：将长度 15cm×内径 2.5cm 人工岩心模具刷洗干净，拧上底盖备用。配置携砂液，按 5：5 用过滤海水稀释为 1000mL。称取树脂涂敷砂 20.00g±5，加入携砂液，使样品充分浸泡，搅拌均匀。将搅拌均匀的树脂涂敷砂装入人工岩心模具中，墩实拧紧上部顶丝，充分压实。将树脂涂敷砂人工岩心模具放入 70℃恒温水浴箱中 72 小时后，拧下底盖，旋转顶丝，取出岩心进行测试。

2、渗透率的测定：将制作好的试样放入岩心夹持器中，接通氮气，调整围压在 0.14MPa~0.35MPa，使试样被夹持器的胶套包紧。用 2%氯化钾水溶液通过试样，在出液口至少收集 200mL 液体。调整恒液面漏斗的液面与出液口的高差，使出液口流速为 10mL/min~20mL/min, 测量通过试样的流量，测量三次，每次收集 20mL~40mL 液体，记录好各项数据。

固结后渗透滤的计算

渗透率按式 (1) 和式 (2) 计算，结果保留三位有效数字。

$$K = (Q \times \mu \times L) / (A \times P) \dots\dots\dots (1)$$

$$P = (d \times G \times h) / (1.0133 \times 10^6) \dots\dots\dots (2)$$

式 (1) (2) 中：

K—渗透率， μm^2 ；

Q—通过试样的流量，mL/s；

μ —2%氯化钾水溶液的粘度，mPa·s；

A—试样截面积， cm^2 ；

P—压差， 10^{-1}MPa ；

L—试样长度， cm 。

d—2%的氯化钾水溶液密度， g/cm^3 ；

G—重力加速度， $980\text{cm}/\text{s}^2$ ；

h—液面与出液口高度差， cm 。

取三次测量结果的算术平均值，作为该试样的渗透率值。

具体实施方式

下面通过实施例进一步描述本发明的技术特点，但这些实施例不能限制本发明。

实施例1

刘官庄油田庄浅12K井

（一）情况说明：构造位置为黄骅坳陷羊二庄鼻状构造带庄浅2井北断鼻，开钻日期为2014-09-27，完钻日期为2014-10-06，完井日期为2014-10-11。完钻井深为1655m，人工井底为1650m。

（二）存在问题

该井自喷一年，后转抽一个月出砂，而且洗井漏失严重，表明该井油层存在亏空。

（三）防砂工序

用料的配制

引导液以重量含量计包括以下组分：氯化钠2.5%，氯化钙1%，氯化镁0.5%，二壬基酚聚氧乙烯醚质量浓度为0.2%、N-油酰基-N-甲基牛磺酸钠质量浓度为0.3%、二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物质量浓度为0.5%，余量为水。

携砂液以重量含量计包括以下组分：二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物3%，氯化铵20%，余量为水；

促进液以重量含量计包括以下组分：全氟辛基磺酰胺季铵盐8%，硼酸三苯酯15%，余量为水。

防砂工序的具体步骤

(1) 下入防砂管柱，然后通过防砂管柱泵入引导液，对全井筒及地层进行冲洗；

(2) 然后通过防砂管柱泵入携砂液，往地层亏空地帯填充树脂涂覆砂；通过防砂管柱通入携砂液的具体步骤包括：第一阶段、第二阶段和第三阶段；

(3) 再通过防砂管柱泵入促进液，使地层亏空充填饱和；

其中，引导液、携砂液和促进液的具体注入数据见表1

表1

序号	施工内容	防砂材料名称规格	施工套力, MPa	液量, m ³	排量, m ³ /min	加砂, m ³	砂比, %	注入方式
1	引导液开套正替	-	-	5.0	1.3-1.5	-	-	正替
2	引导液出口返液柱关套正挤	-	<25	55.0	1.5-1.8	-	-	正挤
3	携砂液挤压填砂	0.3~0.6mm树脂砂	<25	60.0	1.8-1.6	2.5	3-5	正挤
4	携砂液挤压填砂	0.3~0.6mm树脂砂	<25	50.0	1.6-1.5	3.0	5-7	正挤
5	携砂液挤压填砂	0.3~0.6mm树脂砂	<25	40.0	1.5-1.3	3.5	7-10	正挤
6	促进液挤压填砂	0.3~0.6mm树脂砂	<25	40.0	1.3-0.8	6.0	10-25	正挤

(4) 上提防砂管柱，用清水或海水反循环洗井，确保1650m以上无砂后，再反循环洗井1.5周结束。

(5) 起防砂管柱，关井10~24h，促使充填的树脂涂覆砂在水的作用下产生初始胶结；

(6) 再下入防砂管柱，冲砂至井底，优选地，在冲砂冲不动后进行钻塞；

(7) 上提防砂管柱至油层底界以下，用热洗车正循环使井内油层位置温度达到80~90℃（热洗车出口温度≥100℃时大约需要7~9小时），再继续加热2~3小时然后把循环罐内的热水正挤入地层9~12 m³，完成树脂涂覆砂的固化，从而形成人工井壁。

(8) 按要求下泵，下泵后直接生产。

防砂后形成的人工井壁的渗透率大于 $12\mu\text{m}^2$ ；产出液达到或超过原产液量含砂 $\leq 3\text{‰}$ ；有效期1~3年。

表2防砂基本数据

井号	防砂井段, m	层厚度/层数/跨度, m/层/m	平均孔隙度, %	渗透率, μm^2	平均泥质含量, %
庄浅 12K	1610.39-1616.09	40.1 m	23.08	20.294	13.65

表3 井号为庄浅12K的油井在防砂处理前后对比

井号	防砂前日产液, t	防砂后日产液, t	防砂前日产油, m^3	防砂后日产油, m^3	防砂前含水, %	防砂后含水, %	防砂至今生产, 天
庄浅 12	23.26	30.25	15.65	18.23	32.72	16.55	500

实施例2

华北油田赵108断块赵41-23X井

(一) 情况说明：构造位置为赵108断块，完钻井深为1878m，原始人工井底为1866m。

(二) 存在问题

该井存在出砂严重，而且洗井漏失，表明该井油层存在亏空。

(三) 防砂工序

用料的配制

引导液以重量含量计包括以下组分：氯化钠2.5%，氯化钙1%，氯化镁0.5%，聚氧乙烯二壬基酚质量浓度为0.5%、N-油酰基-N-甲基牛磺酸钠质量浓度为0.6%、二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物质量浓度为1.5%，余量为水。

携砂液以重量含量计包括以下组分：二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物5%，氯化铵15%，余量为水；

促进液以重量含量计包括以下组分：3-三聚环氧六氟丙烷酰胺基丙基（2-亚硫酸）乙基二甲基铵8%，硼酸三苯酯15%，余量为水。

防砂工序的具体步骤：

(1) 下入防砂管柱，然后通过防砂管柱泵入引导液，对全井筒及地层进行

冲洗；

(2) 然后通过防砂管柱泵入携砂液，往地层亏空地帯填充树脂涂覆砂；通过防砂管柱通入携砂液的具体步骤包括：第一阶段、第二阶段和第三阶段；

(3) 再通过防砂管柱泵入促进液，使地层亏空充填饱和；

其中，引导液、携砂液和促进液的具体注入数据见表4

表4

序号	施工内容	防砂材料名称规格	施工套力, MPa	液量, m ³	排量, m ³ /min	加砂, m ³	砂比, %	注入方式
1	开套正替(前置液)	-	-	5.0	1.3-1.5	-	-	正替
2	关套正挤(前置液)	-	<25	55.0	1.5-1.8	-	-	正挤
3	挤压填砂(携砂液)	0.3~0.6mm 树脂砂	<25	60.0	1.8-1.5	2.0	3-5	正挤
4	挤压填砂(携砂液)	0.3~0.6mm 树脂砂	<25	50.0	1.5-1.3	3.5	5-8	正挤
5	挤压填砂(携砂液)	0.3~0.6mm 树脂砂	<25	50.0	1.3-1.0	4.5	8-12	正挤
6	用促进剂挤压填砂	0.3~0.6mm 树脂砂	<25	40.0	1.0-0.8	6.0	12-25	正挤

(4) 上提防砂管柱，用清水或海水反循环洗井，确保1650m以上无砂后，再反循环洗井1.5周结束。

(5) 起防砂管柱，关井10~24h，促使充填的树脂涂覆砂在水的作用下产生初始胶结；

(6) 再下入防砂管柱，冲砂至井底，优选地，在冲砂冲不动后进行钻塞；

(7) 上提防砂管柱至油层底界以下，用热洗车正循环使井内油层位置温度达到80~90度（热洗车出口温度≥100℃时大约需要7~9小时），再继续加热2~3小时然后把循环罐内的热水正挤入地层9~12 m³，完成树脂涂覆砂的固化，从而形成人工井壁。

(8) 按要求下泵，下泵后直接生产。

防砂后形成的人工井壁的渗透率大于12 μm²；产出液达到或超过原产液量含砂 ≤ 3‰；有效期1~3年。

表5防砂基本数据

井号	防砂井段, m	层厚度, m	平均孔隙度, %	渗透率, μm^2	平均泥质含量, %
赵 41-23X	1760-1800.6	26.4	13.7	54.7	—

表6 油井在防砂处理前后对比

井号	防砂前日产液, t	防砂后日产液, t	防砂前日产油, m^3	防砂后日产油, m^3	防砂前含水, %	防砂后含水, %	防砂至今生产, 天
赵 41-23X	17.38	20.22	1.51	3.86	91.31	80.9	605

实施例3

中海油JX1-1油田A44h井

(一) 情况说明:

A44h 井为水平井，生产沙二段 II 油组、沙三段 I 油组，5-1/2"桥式复合筛管完井，筛管段内有效油层厚度 127.6m，完钻井深为 1941m。

(二) 存在问题

筛管破损。该井完井时采用 5 1/2"外桥式优质筛管防砂，本次检泵作业取出的砂样经过化验，主要是粒级为 214 μm 的地层砂，因此判断该井防砂筛管已破损。

(三) 防砂工序

引导液以重量含量计包括以下组分：氯化钠0.5%，氯化钙1%，氯化镁0.5%，二壬基酚聚氧乙烯醚质量浓度为3.5%、N-油酰基-N-甲基牛磺酸钠质量浓度为7.5%、二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物质量浓度为5.5%，余量为水。

携砂液以重量含量计包括以下组分：二甲基二烯丙基氯化铵-丙烯酰胺共聚物15%，氯化铵5%，余量为水；

促进液以重量含量计包括以下组分：全氟辛基磺酰胺季铵盐15%，硼酸三苯酯35%，余量为水。

防砂工序的具体步骤：

(1) 下入防砂管柱，然后通过防砂管柱泵入引导液，对全井筒及地层进行

冲洗；

(2) 然后通过防砂管柱泵入携砂液，往地层亏空地帯填充树脂涂覆砂；通过防砂管柱通入携砂液的具体步骤包括：第一阶段、第二阶段和第三阶段；

(3) 再通过防砂管柱泵入促进液，使地层亏空充填饱和；

其中，引导液、携砂液和促进液的具体注入数据见表7

表7

序号	施工内容	防砂材料名称规格	施工套力 MPa	液量, m ³	排量, m ³ /min	加砂, m ³	砂比, %	注入方式
1	开套正替(前置液)	-	<16.07	30.0	2.0	-	-	正替
2	关套正挤(前置液)	-	<16.07	60.0	2.0	-	-	正挤
3	挤压填砂(携砂液)	0.3~0.6mm 树脂砂	<14.2	100.0	>1.26	3.0	3-5	正挤
4	挤压填砂(携砂液)	0.3~0.6mm 树脂砂	<14.49	100.0	>1.32	5.0	5-9	正挤
5	挤压填砂(携砂液)	0.3~0.6mm 树脂砂	<15.3	100.0	>1.34	11.0	9-15	正挤
6	用促进剂挤压填砂	0.3~0.6mm 树脂砂	<24.09	60.0	>2.02	11.0	15-25	正挤

(4) 上提防砂管柱，用清水或海水反循环洗井，确保1941m以上无砂后，再反循环洗井1.5周结束。

(5) 起防砂管柱，关井10~24h，促使充填的树脂涂覆砂在水的作用下产生初始胶结；

(6) 再下入防砂管柱，冲砂至井底，优选地，在冲砂冲不动后进行钻塞；

(7) 上提防砂管柱至油层底界以下，用热洗车正循环使井内油层位置温度达到80~90度（热洗车出口温度≥100℃时大约需要7~9小时），再继续加热2~3小时然后把循环罐内的热水正挤入地层9~12 m³，完成树脂涂覆砂的固化，从而形成人工井壁。

(8) 按要求下泵，下泵后直接生产。

防砂后形成的人工井壁的渗透率大于12 μm²；产出液达到或超过原产液量含砂 ≤3‰；有效期1~3年。

表8 防砂基本数据

井号	防砂井段, m	层厚度, m	平均孔隙度, %	渗透率, μm^2	平均泥质含量, %
A44h	1791.76-1903.89	112.13	30.27	65.325	—

表9 油井在防砂处理前后对比

井号	防砂前日 产液, t	防砂后日产 液, t	防砂前日产 油, m^3	防砂后日产 油, m^3	防砂前含 水, %	防砂后含 水, %	防砂至今生 产, 天
A44h	23.04	38.12	13.09	27.87	43.2	26.9	156

需要说明的是，在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征，可以通过任何合适的方式进行任意组合，其同样落入本发明所公开的范围之内。另外，本发明的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合，只要其不违背本发明的思想，其同样应当视为本发明所公开的内容。

以上结合附图详细描述了本发明的优选实施方式，但是，本发明并不限于上述实施方式中的具体细节，在本发明的技术构思范围内，可以对本发明的技术方案进行多种简单变型，这些简单变型均属于本发明的保护范围。