

[引著格式] 付继彤. 预充填防砂技术研究与应用 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (3+4): 55~58.

预充填防砂技术研究与应用

付继彤 (中石化胜利油田分公司孤岛采油厂, 山东 东营 257231)

[摘要] 近年来孤岛油田受油区环境制约同台大斜度新井数量逐年增加。大斜度井砾石充填施工风险较高, 表现为低液、生产周期短等特点。为提高大斜度井防砂效果, 在预制滤砂管和绕丝筛管砾石充填工艺基础上, 研究应用了预充填防砂技术, 主要用于大斜度井、出砂严重井防砂, 被确定为孤岛油田主导防砂工艺之一。2011 年以来, 该技术在孤岛油田共实施 48 口井, 有效 46 口井, 有效率 95.8%。实施效果良好。

[关键词] 孤岛油田; 大斜度井; 预充填防砂技术

[中图分类号] TE358.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1000-9752 (2015) 03+04-0055-04

孤岛油田地面情况复杂, 斜井数量不断增多, 其中井斜角在 $30\sim 60^\circ$ 的大斜度井已有 316 口, 占总开井数的 12.2%。从防砂方式来看, 大斜度井主要是筛管砾石充填; 从生产情况来看, 大斜度井液量低、液量下降快、防砂有效期短。主要原因有: ①井身轨迹对充填防砂的影响。携砂液方向与砾石重力沉降方向存在一个夹角, 易出现砂堵, 使部分井段充填不实或无充填; 后期处理难度大, 统计斜井拔防砂管交大修的比例是直井的 3~4 倍。②沉砂堵塞对防砂效果的影响。相关室内试验和现场解剖表明, 斜井出砂因临界携带流速大更易沉砂堵塞防砂管柱。

根据孤岛油田预制滤砂管防砂原理, 考察其特点, 优点是挡砂层均匀密实、挡砂效果好; 缺点是性脆不适合大斜度井。而绕丝筛管砾石充填优点是强度高、有效期长; 缺点是必须与砾石充填配合才能有效防砂。将这两者的优点结合, 克服其缺点, 最终形成了孤岛油田预充填防砂技术。

1 存在的问题

1.1 井身轨迹对充填防砂的影响

当井斜大于 40° 时, 由于重力作用, 充填砂在井斜段和水平段会自然沉降, 逐渐堆积, 容易形成砂桥。只有保持较高的施工排量, 才能减轻充填砂自然沉降的影响。同时井斜度大, 防砂工具倒扣丢手难度增加, 极易产生丢手不开、砂卡管柱的事故。携砂液方向与砾石重力沉降方向存在一个夹角: ①易出现砂堵, 部分井段充填不实或无充填; ②后期处理难度大, 统计斜井拔防砂管交大修的比例是直井的 3~4 倍。

1.2 防砂管柱沉砂堵塞

通过现场调查水驱油藏油井拔防砂管施工, 发现防砂管沉砂堵塞现象普遍存在, 调查的 120 口井防砂管内平均砂柱高度达 12.4m, 折算平均每个月的砂柱上升高度为 1.85m。砂堵中心管使泄流面积减少, 供液变差, 直至堵塞防砂管使油井停产。

1.3 常规砾石充填易产生冷伤害

孤岛油田地层高孔 (孔隙度约 35%)、高渗 ($\geq 1D$), 转周井降压开采后地层压力下降防砂易漏失,

[收稿日期] 2014-10-01

[作者简介] 付继彤 (1963-), 男, 博士, 高级工程师, 从事采油工程技术研究, fujitong.slyt@sinopec.com。

产生冷伤害。施工过程中,起隔热管等大直径工具时为防止抽吸现象,实施洗井工序和灌液制度,达到井筒液柱压力与地层压力平衡,大量入井液漏失地层,造成部分热量损失,影响开发效果。

2 预充填防砂设计

2.1 设计思路

预制滤砂管的优点是挡砂层均匀密实、挡砂效果好;但缺点是性脆不适合大斜度井。绕丝筛管的优点是强度高、有效期长;但缺点是必须与砾石充填配合才能有效防砂。将预制滤砂管和绕丝筛管相结合,即通过地面预制工具并充填砾石,然后将预充填防砂管柱下入油井防砂,代替原来先下入防砂管、后井筒充填的工艺。根据以往类似预制滤砂管制作经验,通过弹簧、压紧活塞对充填层施加预紧力可以保证密实,而且可补偿生产过程中砾石的损失。

2.2 预充填绕丝结构设计

防砂管柱长期在井下工作,要承受产液冲刷、注汽冲刷和汽蚀等,充填层总是会有损失,可能会产生空隙。为此,根据补偿原理,在上端设计了压紧活塞及弹簧,通过压紧弹簧的预紧力补偿砾石层损耗、加工过程中的偏差。筛管结构见图1,该滤砂管由接箍、基管、压帽、弹簧、外绕丝、陶粒充填层、内绕丝等组成。

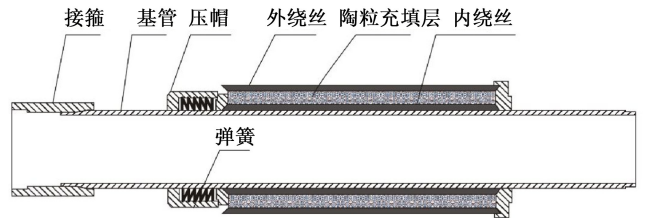


图1 预充填绕丝筛管剖面图

3 预充填防砂技术要点

3.1 防砂材料

孤岛油田新增大斜度井以热采井居多,注汽对砾石充填层的影响,一是注汽时高温、高速蒸汽对环境砾石产生冲刷作用,使连续、整体的挡砂屏障造成一定的破坏,从而使部分地层细砂混入充填层,降低了近井地带的渗透率,影响了生产效果。二是由于井底湿蒸汽液相pH值很高,因而可使石英砂遭受一定的热碱溶蚀,溶蚀后石英砂粒径变小、砾石充填层变疏松,从而地层砂容易侵入充填层,影响充填层的渗透率。因此,预充填材料在常规井中选择石英砂,在热采井中选择陶粒。

3.2 挡砂参数

挡砂参数根据孤岛油田出砂情况和相关理论进行选择,为掌握在预充填条件下的挡砂性能,进行了地面试验。试验用地层砂筛析数据见表1。

试验流量和压力随时间的变化图见图2、3。可以看出,在试验前100min,滤砂管出砂较多,滤砂管产出流量逐渐下降,滤砂管内外压差逐渐上升;100min以后滤砂管产生堵塞现象,出砂量急剧减少,流量接近于0,压差基本稳定在

表1 试验用地层砂筛析数据

序号	砂粒粒径	质量	区间质量分数	累积质量分数
	/μm	/g	/%	/%
1	>0.355	2.1	1.49	1.49
2	0.220~0.355	30.57	21.62	23.11
3	0.200~0.220	12.05	8.52	31.63
4	0.150~0.200	42.92	30.36	61.99
5	0.125~0.150	25.63	18.13	80.12
6	0.105~0.125	12.39	8.76	88.88
7	0.076~0.105	8.68	6.14	95.02
8	<0.076	7.04	4.98	100

注:试验品技术参数中绕丝为0.3mm,砾石粒径为0.4~0.8mm。

2.3MPa;提高压力到3.5MPa后,有少量砂产出,流量略有上升,最后流量稳定在0.1kg/min,压差稳定在3.2MPa。试验产出砂共有10.12g,粒径最小的0.004mm,粒径最大的0.180mm,粒径大于0.125mm的砂子占出砂总量的7.60%,满足挡砂的要求。

目前孤岛油田常用预充填绕丝筛管技术参数见表2,所有参数都可以根据油井情况调整,一般入井前要根据具体情况定制,因而针对性强。

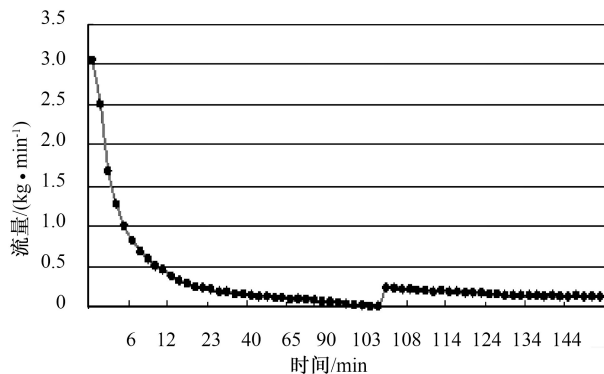


图 2 流量随时间的变化

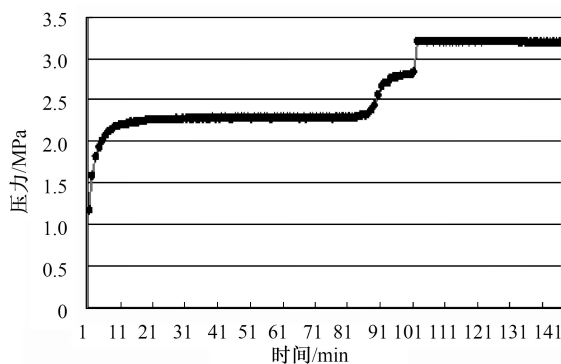


图 3 压力随时间的变化

表 2 常用预充填绕丝筛管技术参数表

型号	工具最大外径 /mm	基管外径 /mm	基管内径 /mm	绕丝筛缝尺寸 /mm	砾石规格 /mm	充填层厚度 /mm	最大补偿距离 /mm
SG/RS-T89-131	131±2	89	76	0.2~2.0	0.4~0.8; 0.8~1.2	10~15	100
SG/RS-T60-105	105±2	60.3	50.8	0.2~2.0	0.4~0.8; 0.8~1.2	10~15	80

3.3 辅助配套工艺

该项工艺技术在 2011~2012 年进行了先导性试验，应用 8 口井，与上个防砂周期或同层邻井相比，液量增加 8.6m³，增幅 43%。生产周期明显增长，平均 701d，4 口井继续有效。根据结束周期井解剖情况，为进一步延长防砂筛管在井时间，主要配套工艺有：

1) 不动防砂管柱地层填砂 配套重复充填工具如图 4 所示，需要地层填砂时，不拔防砂管柱直接填砂，该工艺目前已实施 14 井次。

2) 水射流清洁防砂筛管 配套内解堵工具如图 5 所示，实现预充填层的清洁维护。该工艺是以高压流体驱动旋转射流工具产生高压射流，冲洗筛管缝隙，并能穿过筛缝清洗预充填砾石层，将堵塞物冲洗掉，并携带至地面。该工艺在预充填防砂井上已应用 5 井次，延长了筛管在井时间。

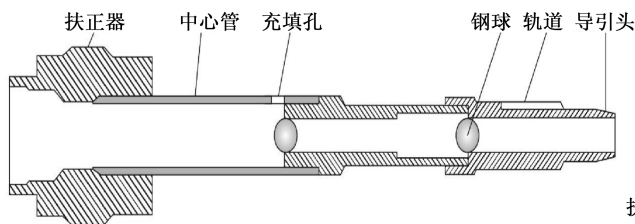


图 4 重复充填插管 (补砂工具) 简图

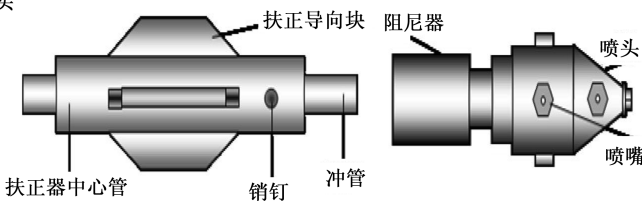


图 5 水射流解堵工具示意图

3) 配套分级充填减少附加压差

分级充填应用 90 多井次/年，是目前孤岛疏松砂岩油层主要的充填工艺，目前常用分级充填组合见表 3。应用时地层填砂与预充填层砾石参数分级匹配。

表 3 常用分级充填组合表

序号	段塞组合	段塞 体积比	渗透率 /D	压差 /MPa
1	0.3~0.6mm 砾石+0.4~0.8mm 砾石	2:1	46.71	0.2916
2	0.4~0.8mm 砾石+0.6~1.2mm 砾石	2:1	64.28	0.0104

4 现场应用及几点认识

2011 年以来，该技术在孤岛油田已实施 48 口井，有效 46 口井，有效率 95.8%。在上个防砂周期

平均日产液 19.3m^3 ，该防砂周期平均日产液 25.4m^3 ，增液幅度 31.6% 。通过预充填防砂技术的研究，取得了如下几点认识：

1) 常规充填受井身结构影响易充填不实、厚度不均匀；预充填层均匀，有补偿预紧力保证密实，防砂有效期明显延长。

2) 常规充填用液接触地层、特别是低压漏失井易产生油层伤害，预充填施工可减少常规充填时的油层伤害。

3) 疏松砂岩油藏开发的过程也是防砂工艺不断优化的过程，两者相互促进可保持油田长期经济开发。

[参考文献]

- [1] 万仁溥, 罗英俊. 采油技术手册(修订本)第七分册——防砂技术 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
- [2] 李宗田, 蒋海军, 苏建政. 油井采油生产管柱技术手册 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2009.
- [3] 何生厚. 油气开采工程师手册 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2006.
- [4] 闻建龙, 赵松峰, 王静, 等. 机械式防砂管原油渗流试验研究 [J]. 油气地质与采收率, 2011, 18 (4): 94~97.
- [5] 时贤, 李兆敏, 刘成文, 等. 稠油油藏多轮次蒸汽吞吐防砂后产能预测模型 [J]. 油气地质与采收率, 2012, 19 (4): 56~58.
- [6] 吴建平. 端部脱砂压裂防砂技术在老河口油田老 168 区块的应用 [J]. 油气地质与采收率, 2011, 18 (2): 72~75.

[编辑] 帅群

(上接第 9 页)

[参考文献]

- [1] 曾熠. 川西前陆盆地中侏罗统上沙溪庙组砂体展布特征其主控因素 [D]. 成都: 成都理工大学, 2011.
- [2] 安红艳. 川西坳陷中侏罗统沙溪庙组合遂宁组物源分析及油气地质意义 [D]. 成都: 成都理工大学, 2011.
- [3] 朱宏权. 川西坳陷中段沙溪庙组沉积相与储层评价研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2009.
- [4] 李得力. 川西坳陷侏罗纪沉积体系发育分布特征及差异性 [D]. 成都: 成都理工大学, 2011.
- [5] 杨凯歌. 川西洛带地区上沙溪庙组储层特征研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2009.
- [6] 付菊, 伍玲, 李刚. 川西坳陷中段合兴场—丰谷地区沙溪庙组沉积相研究 [J]. 岩性油气藏, 2014, 26 (1): 75~79.
- [7] 杨祥菊. 川西坳陷马井—什郁中侏罗统沙溪庙组沉积相研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2014.
- [8] 赵智鹏. 新场气田上沙溪庙组 J_{2-3} 气层沉积微相特征研究 [D]. 荆州: 长江大学, 2013.
- [9] 王亮国, 余福林, 邓康龄. 川西坳陷中侏罗统沉积环境 [J]. 油气地质与采收率, 2001, 8 (6): 13~16.
- [10] 魏然, 李红阳, 于斌. 沉积盆地物源体系分析方法及研究进展 [J]. 岩性油气藏, 2013, 25 (3): 53~57.
- [11] 张慧娟. 川西坳陷中侏罗统沙溪庙组碎屑岩储层陈岩作用研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2011.
- [12] 张娜. 川西孝—新一合地区上—下沙溪庙组碎屑岩储层特称及成岩作用研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2010.
- [13] 马立元, 周总瑛. 川西坳陷中段上三叠统须家河组天然气资源潜力分析 [J]. 天然气地球科学, 2009, 15 (5): 730~736.
- [14] Derry L A, Kaufman A J, Jacobsen S B. Sedimentary cycling and environmental change in the Late Proterozoic: Evidence from stable and radio genic isotopes [J]. *Geschimica et Cosmochimica Acta*, 1992, 56: 1317~1329.
- [15] Dutton S P, Willis B J. Comparison of outcrop and subsurface sandstone permeability distribution, Lower Cretaceous Fall River Formation, South Dakota and Wyoming [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 1998, 68 (5): 890~900.

[编辑] 邓磊