

含油污泥深度调剖技术研究与应用

王志欣

(大庆油田有限责任公司第五采油厂)

摘要 大庆油田通过含油污泥深度调剖剂的室内配方研究,分析了各种影响因素,得出最佳含油污泥调剖剂配方,并选择杏10-1-W472井进行了现场应用。应用结果为:深度调剖后2个月,周围连通油井开始见效,平均日增液 27 m^3 ,日增油 1.6 t ,综合含水率下降 0.5% ,平均流压上升 0.93 MPa ,说明低出液、低含水部位的出液比例得到了大幅提高,实现了对这部分剩余油的挖潜目标。该实验表明:含油污泥经过处理后复配成调剖剂,回注到地下,既可提高采收率,又可解决长期以来含油污泥外排造成的环境污染问题。

关键词 含油污泥 深度处理 调剖技术 应用

0 引言

在油田生产中,油井采出液中均含有一定泥砂,并在污水罐中逐渐沉积,形成难以处理的含油污泥。其特点首先是矿化度高,直接外排会造成土壤板结和碱化,对周围环境造成污染;其次是对含油污泥进行无害化处理费用较高,制约了其大规模的应用;另外,利用聚合物类调剖剂进行深度调剖单井成本较高,因此急需研究新的低成本深度调剖技术。含油污泥调剖技术就是利用含油污泥与地层有良好配伍性的有利因素,对其进行化学处理至活性稠化污泥,然后用于油田深部调剖施工。该技术不仅可以解决环境污染问题,还可以降低调剖成本,减少水驱无效水循环,提高水驱质量,并对提高油田整体开发效果具有十分重要的意义。

1 含油污泥深度调剖技术室内研究

1.1 污泥成分及粒径分析

污泥成分见表1,粒径分析见表2。

取样地点	含水	含泥	含油
罐内	16.97	15.33	67.70
泵出	46.50	16.90	36.60

由表1可以看出,含油污泥中含水为 $16\%\sim 46\%$,含泥量 15% 左右,含油量 $36\%\sim 67\%$,较高的含水量

表2 含油污泥中不同粒径(μm)分布含量 %

取样地点	<10	10~50	50~100	>100
罐内	35.69	25.89	26.24	12.18
泵出	45.55	29.87	15.99	8.59

和含油量为泵送调剖剂打下了基础。由表2可以看出,含油污泥中粒径小于 $100\mu\text{m}$ 的颗粒占总泥质 90% 左右,较小粒径的泥质颗粒便于用来封堵高渗透地层。

1.2 优选含油污泥调剖剂配方

1.2.1 确定悬浮剂用量

表3 悬浮剂用量对含油污泥悬浮作用的影响

序号	污泥含量 (%)	悬浮剂加入量 (%)	开始分层时间 (min)	颗粒全部沉降时间 (h)
1	50	0	7	31
2	50	0.10	20	75
3	50	0.15	32	112
4	50	0.20	41	145
5	50	0.25	49	181
6	50	0.30	50	216

由表3可以看出,加入悬浮剂对含油污泥具有良好的悬浮作用,可延长油、水和固体颗粒的分层时间,而且还可减缓固体颗粒的沉降速度,实验表明,用量为 $0.20\%\sim 0.30\%$ 为宜。

1.2.2 确定乳化剂用量

表 4 乳化剂用量对含油污泥悬浮性能的影响

序号	乳化剂用量 (%)	污泥含量 (%)	乳化时间 (h)	全部颗粒沉降时间 (h)
1	0	50	0.5	145
2	0.10	50	5	248
3	0.20	50	24	252
4	0.30	50	>48	263
5	0.40	50	>48	281

由表 4 可以看出,加入乳化剂可以减缓颗粒的沉降速度,确定用量在 0.30%~0.40%之间为宜。

1.2.3 优选增强剂

由于含油污泥调剖剂的针入度指标为 ≤ 3.0 cm,因此考虑成本和技术指标两项因素,确定增强剂的加量在 30~40 g 之间,见表 5。

表 5 增强剂对调剖剂强度的影响

增强剂加量 (g)	20	30	40	50
针入度 (cm)	5.0	3.5	1.1	0.5

1.2.4 调剖剂技术指标

通过调研对比以及结合室内实验结果,初步确定出含油污泥调剖剂的技术指标,见表 6。

表 6 含油污泥调剖剂技术指标

项目	技术指标
地面粘度 (MPa·s)	≤ 100
固化时间 (d) (50℃时)	2~7
针入度 (cm)	≤ 3.0
热稳定性 (d) (70℃时)	≥ 40
岩心封堵率 (%)	≥ 90

1.3 影响岩心封堵效果的因素

实验采用树脂胶结砂岩岩心模型。

1.3.1 污泥含量对岩心封堵能力的影响

随着污泥含量的增加,岩心封堵率不断升高,当加入量超过 30%时,封堵率可达 94%以上,形成较强的封堵能力,因此确定污泥的加入量应大于 30%,见表 7。

1.3.2 调剖剂注入体积对岩心封堵能力的影响

表 7 污泥浓度对岩心封堵率的影响

编号	污泥浓度 (%)	渗透率 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	孔隙度 (%)	封堵率 (%)	残余阻力系数
1	10	406	0.20	85	6.7
2	20	407	0.20	88	8.3
3	30	408	0.20	94	16.7
4	40	404	0.19	95	20.0

随着污泥调剖剂注入体积的增加,污泥中的固相颗粒在岩心的孔隙和喉道内逐渐堆积,渗透率逐渐下降,堵塞率逐渐增大,当注入体积达到 1.0PV 时,岩心封堵率可以达到 90%以上,见表 8。

表 8 注入体积对岩心封堵率的影响

注入体积 (PV)	0.5	1.0	2.0	3.0
堵前渗透率 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	232	235	236	230
堵后渗透率 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	127	19.8	17.0	15.2
堵塞率 (%)	45.2	91.6	92.8	93.4

1.3.3 调剖剂对不同渗透率岩心堵塞率对比实验

随着岩心渗透率的增加,岩心的堵塞率逐渐减小,但其堵塞率均在 90%以上,由此可以看出该调剖剂适用范围较广,堵塞能力较强,基本能够满足大庆油田第五采油厂大部分地层的调剖需要,见表 9。

表 9 调剖剂对不同渗透率岩心的堵塞率

堵前渗透率 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	93.5	120	235	369
堵后渗透率 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	2.6	5.3	17.8	32.8
堵塞率 (%)	97.2	95.6	92.4	91.1

1.3.4 污泥调剖剂的选择性封堵实验

填砂管根据需要分别填不同数目天然石英砂,污泥调剖剂的选择性封堵实验结果见表 10。

由表 10 可以看出,绝大部分调剖剂会选择性进入高渗层岩心,说明该调剖剂可以应用在层间差异较大的调剖井上,对低渗透、非目的层的污染较小。

2 含油污泥深度调剖技术现场应用

2.1 选取实验井组和目的层

杏 10-1-W472 井组共有油水井 7 口,开采层位萨

表 10 选择性封堵实验结果

实验参数	低渗层	高渗层岩心
	岩心	
岩心长度 (cm)	30.3	30.3
岩心直径 (cm)	2.175	2.175
孔隙度 (%)	18.65	20.5
孔隙体积 (cm ³)	20.98	23.07
水相渗透率 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	50	330
流出液量 (mL)	0.6	21.7
调剖剂进入比例 (%)	2.61	94.35

II组, 萨III组, 葡I组油层。从精细地质研究成果看, 葡I组共有三口油井与杏 10-1-W472 井连通, 且葡I_{1a}层、葡I_{1b}层、葡I_{2b}层在该井组发育大面积的河道砂体, 在葡I_{1a}层有 1 个方向的采出井点, 在葡I_{1b}、葡I_{2b}层各有 2 个方向的采出井点, 注采系统比较完善, 油井单层含水都在 90%以上。其测井曲线显示层内存在渗透率差异, 吸水剖面也显示层内吸水不均匀, 同时连通油井对应层位低渗部位出液比例较低, 且含水级别也很低。为挖掘这部分潜力, 经过反复论证, 最终选取了杏 10-1-W472 井的葡I₁和葡I_{2b}两个层段进行深度调剖, 封堵高渗部位, 提高低渗部位的动用比例。

2.2 现场施工情况

杏 10-1-W472 井含油污泥深度调剖施工于 2005 年 8 月 29 日开注, 2005 年 11 月 4 日结束施工, 施工设计分为三个段塞: 一段塞为前置液(弱凝胶)2200 m³, 实际注入 2340 m³; 二段塞为主段塞(含油污泥调剖剂)3000 m³, 实际注入 3107 m³; 三段塞为后置液(封口剂)800 m³, 实际注入 808 m³。调剖剂总设计量为 6000 m³, 实际累计注入 6255 m³。启动压力由开注时的 6 MPa 上升到 13.0 MPa, 压力的上升必将大幅提高低渗油层和厚油层内低渗漏部位的动用程度。

2.3 效果分析

◆ 井口数据对比结果, 启动压力上升 2.5 MPa, 目的层段吸水指数平均下降 1.3 m³/d·MPa。

◆ 调剖后平均注水压力上升 2.7 MPa, 吸水剖面得到明显改善。

◆ 从施工的压力变化分析, 注入压力相对平稳。主要是由于含油污泥调剖剂的高矿化度及其与地层流体的良好配伍性, 决定了其在地层内的稳定流态, 保证了其在地层内较大的波及半径。

◆ 对比调剖前后同位素吸水剖面可知, 一是吸水厚度增加了 3.9 m, 吸水层数增加了 3 个, 吸水厚度比例提高了 14.1%; 二是目的层内水驱主流道发生了改变, 葡I₁水驱主流道上移了 2 m, 葡I_{2b}水驱主流道下移了 3.5 m, 层内发育变差部位吸水量大幅增加。

◆ 杏 10-1-W472 井深度调剖后吸水剖面得到了明显改善, 薄差层的动用比例提高了 14.1%, 同时层内低渗部位的动用程度也得到大幅提高。

◆ 周围连通油井效果明显, 由表 11 可以看出, 杏 10-1-W472 井深度调剖后 2 个月, 周围连通油井开始见效, 合计日增液 27 m³, 日增油 1.6 t, 综合含水率下降 0.5%, 平均流压上升 0.93 MPa, 说明低出液、低含水部位的出液比例得到了大幅提高, 实现了对这部分剩余油的挖潜目标。

3 结 论

◆ 含油污泥经过化学剂处理, 活性稠油污泥结合凝胶等其他调剖剂应用于油田深度调剖施工, 由于其具有高矿化度和与地层流体具有良好配伍性的特点, 因此可以明显改善吸水剖面, 提高薄差油层和厚油层内发育较差部位的动用程度, 提高区块整体开发效果。

◆ 该技术为油田含油污泥提供了一项切实可行的新处理技术, 含油污泥经过处理后复配成调剖剂, 回注

表 11 杏 10-1-W472 井连通油井措施前后产量变化情况

井号	措施前				措施后				差值			
	日产液 (m ³ /d)	日产油 (t/d)	含水率 (%)	流压 (MPa)	日产液 (m ³ /d)	日产油 (t/d)	含水率 (%)	流压 (MPa)	日产液 (m ³ /d)	日产油 (t/d)	含水率 (%)	流压 (MPa)
10-1-B47	46	2	94.8	4.65	47	2.3	95.1	7.28	1	0.3	0.3	2.63
10-1-B481	21	1	96.5	4.14	21	1	95.2	3.59	0	0	-1.3	-0.55
10-1-B471	36	1	96.5	4.28	62	2.3	96.3	4.98	26	1.3	-0.2	0.7
合计	103	4	96.1	4.35	130	5.6	95.6	5.28	27	1.6	-0.5	0.93

到地下,既提高了采收率,又解决了长期以来含油污泥外排造成的环境污染问题。

◆ 含油污泥深度调剖技术增油降水效果明显,在工艺技术上为调剖剂的发展提供了一个新思路,具有显著的经济效益、社会效益及广泛的推广应用前景。

◆ 利用含油污泥进行深度调剖,仅对地下产出液附带杂质的一部分进行了回收利用,仍有部分杂质采用现有工艺无法进行回收利用。因此,应对这部分杂质进行深入研究,发展新技术、新工艺,进行回收利用,真正实现零排放。

参考文献

- [1] 巨登峰. HB-II型含油污泥深部调剖剂的研究与应用[J]. 钻采工艺, 2000, 23:2~3
- [2] 孙学君. 含油污泥在油田开发中的应用研究[J]. 石油钻采工艺, 1999, 21:1~2
- [3] 尚朝辉. 含油污泥调剖技术研究与应用[J]. 江汉石油学院学报, 2002, 24:3~4
- [4] 鲁红光. 含油污泥调剖剂封堵能力研究[J]. 特种油气藏, 2003, 10:4~5

(收稿日期 2008-02-11)

(编辑 黎英)

环境污染责任保险应有强制性

绿色保险作为环境经济政策的重要内容,受到越来越强烈的关注。虽然在不同的声音中存在推行的种种阻力,但新发于硎的这一环境经济政策还是展现出在推进宏观调控和产业结构调整、促进企业环境管理自律方面的强大魅力和良好前景。

原国家环保总局和中国保监会联合发布的《关于环境污染责任保险的指导意见》,已经正式确立了建立环境污染责任保险制度的时间表,将这一环境经济政策作为加强污染事故防范和处置工作、完善环境风险管理市场机制的一项重要举措。环境污染责任保险是一项新的保险品种,也是一项新的环境经济政策,在实施过程中,因为牵涉利益格局的调整和缺乏完善的制度支撑等原因,极有可能遭到相关利益部门和企业的消极对待甚至抵触。但是,事实并非如此。以前发生重大环境污染事件的一些大型化工企业,其中不乏财力雄厚者。然而在污染事故善后处理中,环境污染受害群众往往不能得到及时足额赔付,恢复生态环境的高额费用最终也由政府承担。公司财力雄厚与自行解决污染赔偿问题之间并无必然联系。

污染事故赔偿仅靠企业的自觉是不够的,也是不稳定的。因为一些企业难免会因种种原因而不愿意主动及时、足额赔偿受害群众的损失和生态恢复费用。例如2004年发生的沱江特大污染事故和2005年发生的松花江水污染事件就表明,因为缺乏制度的强制约束,本该由肇事企业承担的治污和修复生态环境的义务,却由政府承担了。因此,环境污染责任保险制度必须带有强制性,才能有效约束企业履行污染赔偿责任。而国际上具有强制性的环境污染责任保险也比较普遍。德国对关系国计民生的所有行业,都要求其所有者投保环境责任险。巴西的环境法要求污染者无论是否具有过错都必须对环境以及第三方造成的损害进行赔偿。甚至环境污染责任保险以自愿保险为主、强制保险为辅的法国和英国,在法律中也有强制投保的规定。

只有对重污染、高风险企业推行强制性保险制度,才能有效发挥保险机制的社会管理功能,利用费率杠杆机制促使企业制订污染事故防范措施、应急预案等,加强环境风险管理,提升环境管理水平;才能增强企业环境责任感,保障公众环境权益;才能扭转污染事故产生的巨额费用都由政府承担的局面。另外,推行强制性保险制度,也有利于企业有效分散经营风险,避免发生重大环境污染事故时,因巨额赔偿影响经营活动甚至倒闭。

(摘编自中国环境网 2008-04-17)

