

长庆油田井下作业关键环保技术及应用*

江智强^{1,2} 王尚卫^{1,2} 罗有刚^{1,2} 赵鹏玉^{1,2} 陈晓丽^{1,2}

(1. 中国石油长庆油田分公司油气工艺研究院; 2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室)

摘 要 井下作业过程中会产生大量返排液和含油污泥,易造成井场环境污染。文章梳理了长庆油田井下作业存在的环保问题,提出了采油管柱密闭清洗技术、油管连续循环密闭洗井技术、分段压裂上提油管防喷技术、液压式防喷泄油器和带压作业5项井下作业关键环保技术。自2017年以来,现场应用井下作业环保技术150余井次,单井平均减少废液28.2 m³,减少含油污泥0.2 t,实现作业过程零污染,有效地抑制了环境污染。

关键词 井下作业; 环保技术; 密闭清洗; 连续循环密闭洗井; 油管内防喷

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2020.04.003

文章编号:1005-3158(2020)04-0009-03

0 引 言

长庆油田地处鄂尔多斯盆地,生态环境脆弱,涉及水源保护等环境敏感区域多。近年来,随着油田进入5 000万t稳产期,作为油井正常生产维护的重要手段,井下作业工作量逐年增加。施工作业过程中常产生大量返排液和含油污泥,若不及时有效处理,会对周围环境造成很大的危害^[1-2]。井下作业过程中的环保问题已成为油田环保管控的重点。

为进一步提升油田井下作业清洁生产水平,根据长庆油田井下作业特点,通过对作业关键环节污染物产生原因进行深入分析,以问题为导向,在井下作业关键工序中融入环保技术,形成了一整套井下环保作业技术模式,并逐步推广应用,有效地抑制了井下作业过程中井液滴落产生的含油污泥,减轻了环保压力,助推了油田井下作业清洁生产。

1 井下作业过程中面临的环保问题

长庆油田面积大、区域广,各区域面临的结蜡、结垢、出砂等工况特征各不相同,绝大多数井需进行压裂等增产措施。井下作业施工工艺复杂多样,面临的环保问题各不相同。通过分析梳理,井下作业一般包括起原井采油管柱、井筒处理(通洗井冲砂除垢等)、压裂作业和下采油管柱完井等工序^[3],各工序存在的环保隐患主要表现在4个方面。

1)起原井采油管柱。一是原井采油管柱表面附着大量原油,结蜡和结垢,起管柱作业过程中,从井口喷出的原油和污水落地产生含油污泥;二是油管杆和油管起出后需通过锅炉车进行地面高温蒸汽刺洗,虽

利用地面防渗布进行废液收集,但废液回收难度大,且防渗布易造成二次污染。

2)井筒处理。长庆油田主要采用常规油管进行冲砂、洗井及钻磨等井筒处理作业,作业过程中接单根易发生溢流,造成管内油污、污水落地,产生含油污泥。

3)压裂作业。长庆油田绝大多数井需进行压裂等增产措施作业,压裂后地层能量充足,放喷时间长,上提管柱时管内返排液溢流滴落,造成油污、污水落地,产生含油污泥。

4)下采油管柱完井。部分高气油比井、油水井泄压困难,下采油管柱井口溢流大,易造成油污、污水落地,产生含油污泥。

2 井下作业关键环保技术

2.1 采油管柱密闭清洗技术

原井采油管柱清洗是井下作业主要油污产生环节。针对采油管柱的蜡垢特点,设计了以井筒内“带压射流清洗+化学热洗”相结合的采油管柱密闭清洗技术,具体包括抽油杆清洗和油管清洗。

1)抽油杆清洗。起抽油杆作业时,利用多功能密闭清洗设备清洗系统提供的压力1~4 MPa、温度80~100℃的带压热水,配套专用清洗井口建立密闭循环清洗回收通道。通过带压热水射流产生的强大冲击力剥离抽油杆表面的蜡垢,产生的油污通过多功能密闭清洗设备负压实时回收,形成射流清洗与负压回收闭环工艺。

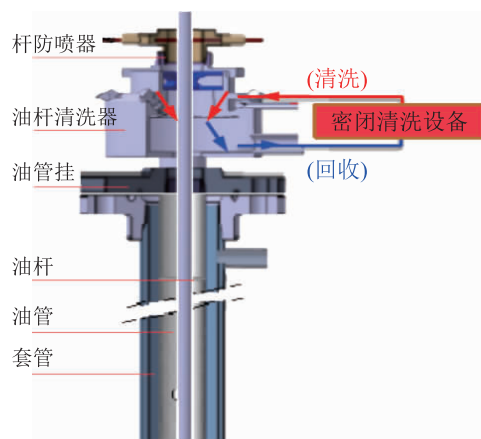
2)油管清洗。打开泄油器,利用多功能密闭清洗设备提供的压力2~6 MPa、温度80~100℃的环保型

*基金项目:中国石油天然气股份有限公司采油采气工程技术推广与试验项目“清洁作业技术”(编号:1803-4-2)。

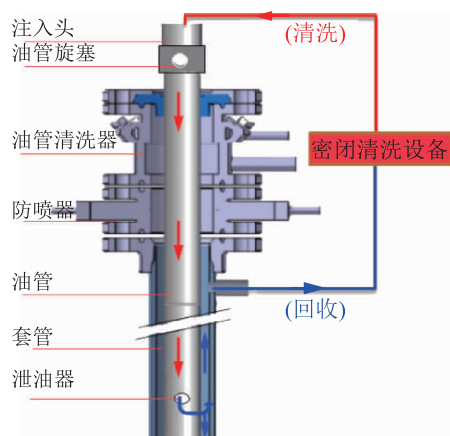
江智强,2008年毕业于西南石油大学石油工程专业,现在中国石油长庆油田分公司油气工艺研究院从事储层改造及井下作业技术研究工作。通信地址:陕西省西安市未央区明光路新技术开发中心油气工艺研究院,710021。E-mail:jzhiq_cq@petrochina.com.cn。

化学清洗液,推动清洗器高速旋转下行,清除管体内壁蜡垢,并溶于环保型化学清洗液中。少许外壁结蜡在高温条件下融化掉落至井筒,实现在井筒内密闭清洗采油管柱,清洗液实时负压回收或进入井筒溶于环保型化学清洗液,有效防止了污油落地造成的污染。

采油管柱密闭清洗技术示意图 1。



(a) 抽油杆清洗



(b) 油管清洗

图 1 采油管柱密闭清洗技术示意

2.2 油管连续循环密闭洗井技术

油管连续循环密闭洗井技术是在传统油管洗井工艺中配套连续循环密闭洗井装置^[4-5]和简易沉砂除油处理撬装设备,如图 2 所示。冲砂洗井或钻磨除垢作业时,首先利用动力液压力使连续循环密闭洗井装置的自密封胶芯外表面与内表面处于液压自平衡状态,实现机械与液压双补偿自封。接单根作业时,换向短节与油管相连,当下完一根油管换下一根油管时,吊卡卡住换向短节接头,此时在换向井口中的胶筒推动作用下,换向短节上的滑套打开,清水从换向井口接头注入。换好下一根油管后,下放换向短节,换向短

节上的滑套通过换向井口中的胶芯,在弹簧弹力的作用下回到原位,关闭旁通。该井口配合换向短节可不停泵接单根,井口液体自动换向。返排液进入简易沉砂除油处理撬装设备的沉砂室进行旋流出砂、气浮除油,原油从出口管线回注进入生产干线,分离后的液体进入储液室回用。整个作业过程不停泵,连续、密闭,井口胶芯密封可靠,可有效阻止冲砂洗井及钻磨除垢作业时液体溢流造成落地污染。

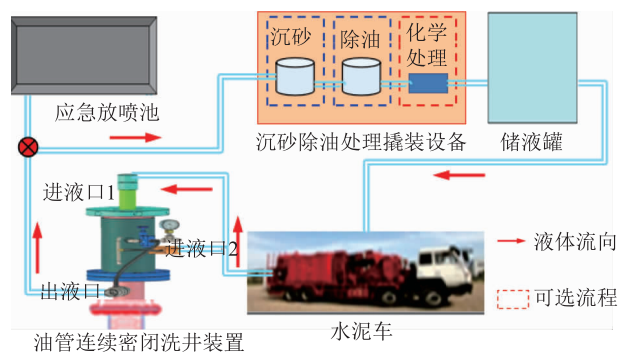


图 2 油管连续密闭洗井技术示意

2.3 分段压裂上提油管防喷技术

长庆油田是典型的“三低”油藏,绝大多数井需进行压裂增产措施,主要采用“水平井+分段压裂”方式。但分段压裂压后防喷时间长,上提管柱时液体易发生溢流,造成污油、污水落地,产生含油污泥。为此,优化设计了分段压裂上提油管防喷技术,如图 3 所示。①主要采用不压井装置,在地面安装双闸板防喷器和环形防喷器,实现密封环空压力;②在压裂管柱上部安装可多次激活的压控循环开关阀^[6]。上提压裂管柱时,通过压裂液反循环,在压差作用下,中心管上行关闭活门,阻断管内溢流,使上提管柱时管内无液体流出,起到管内防喷作用;压裂时,中心管下行推开活门,可正常实施压裂施工。压控循环开关阀关闭或开启活门的压差为 2.0 MPa,施工排量为 0.6~

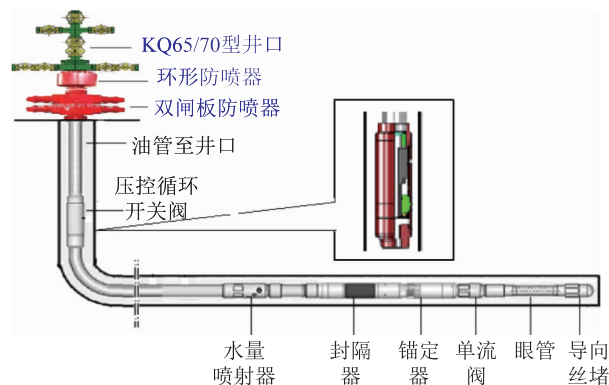


图 3 水平井分段压裂上提油管防喷技术管柱

2.0 m³/min。实现压后不放喷上提油管柱连续作业,可有效阻止分段压裂作业时液体溢流造成落地污染。

2.4 液压式防喷泄油器

长庆油田绝大多数井初期地层能量充足,采油管柱一般配套有防喷泄油器。但传统的撞击式防喷泄油器由于井筒结蜡结垢的影响无法打开,后期采油管柱无法泄油造成环境污染。为此,设计了液压式防喷泄油器。液压式防喷泄油器提前安装于采油管柱泵筒与固定球座之间,起钻作业时,通过油管打压的方式开起泄油孔道,防止油管内的污油被带到地面污染环境;下钻作业时,利用泄油器防喷功能,减少作业过程中冒喷对环境 and 施工进度的影响。

2.5 带压作业技术

针对少量高压油水井溢流污染问题,通过配套改进带压作业装置,研制系列油管堵塞器,形成油管内堵塞工艺技术,实现了井口压力小于21 MPa油水井管柱的带压起下。

3 现场应用

自2017年以来,长庆油田根据采油井井况特点和施工目的,分别开展采油管柱密闭清洗技术、油管连续循环密闭洗井技术、分段压裂上提油管防喷技术、液压式防喷泄油器和带压作业等井下作业环保技术,现场推广应用150余井次,与常规井下作业相比,单井平均减少废液28.2 m³,减少含油污泥0.2 t,作业过程返排液不落地,基本实现作业过程零污染。

以典型试验井西平某水平井为例。该井位于某环境敏感区,为低液量水平井,井深3 521 m,水平段长1 258 m,措施前日产液6.25 m³,含水67.3%,需进行重复压裂改造,以提高单井产量。按照施工设计要求,该井主要包括起原井采油管柱-井筒处理(冲砂除垢等)-对第三段、四段、五段及七段进行重复压裂-下采油管柱完井等作业工序。

2018年4月6日开始进行施工作业。①起原井采油管柱。起采油管柱作业过程中,通过多功能密闭清洗设备提供压力2~4 MPa、温度80~100℃的环保型洗井液,配套专用清洗井口和内壁清洗器产生的强大冲击力,在井筒内对油管杆密闭清洗。②井筒处理。下工具油管至3 125 m遇阻,连接清水罐-水泥车-连续循环密闭洗井装置-简易沉砂除油处理撬装设备形成闭环回路,对井筒进行钻磨除垢处理。作业累计备水量65.0 m³,循环使用剩余返排液12.8 m³,经处理后存于清水罐用于压裂作业。③重复压裂。考虑为双封单卡分段压裂,且单段压裂规模大,压后防

喷时间长,决定在压裂管柱上部安装压控循环开关阀,在地面安装双闸板防喷器和环形防喷器,实现压后不放喷上提压裂管柱进行下一段作业。④下采油管柱完井。在采油管柱泵筒和固定阀之间安装液压式防喷泄油器,减少下钻作业过程中产生冒喷。整个作业过程作业介质及返排液实时回收处理,不产生含油污泥,实现了清洁作业。

4 结论与建议

1)油田井下环保作业是一项系统工程,贯穿于原井采油管柱清洗、井筒处理、压裂作业和下采油管柱完井等关键管控环节,应将环保作业理念和技术融入井下施工作业中,实现作业工艺与环保技术的有机结合。

2)采油管柱井筒密闭清洗技术实现了油管杆井筒清蜡除垢;油管连续循环密闭洗井技术防止了接单根溢流,解决了返排液沉砂除油;分段压裂上提油管防喷技术解决了水平井拖动压裂放喷时间长,起管柱溢流;液压式防喷泄油器预置于采油管柱上,满足了采油管柱上提泄油、下钻防喷双功能,提高了泄油器打开几率;带压作业技术实现高压等特殊油水井安全、清洁作业。整套井下作业环保技术实现了作业过程中液体密闭回收处理,杜绝了含油污泥的产生,有效地抑制了井下作业过程中的环境污染,为油田井下作业提供了全面环保技术保障。

3)未来环保作业技术既要保障油污污水的有效收集处理,又要满足高效率、低成本的施工需求。因此,实现油田效益开发和生态环境平衡发展,实现井下作业科学和绿色生产,是今后技术发展的重要方向。

参考文献

- [1] 任磊.国外石油天然气开采行业清洁生产技术发展动态[J].油气田环境保护,2003,13(4):31-35.
- [2] 李颖.油井小修及维护施工作业的翻译报告[D].青岛:中国石油大学(华东),2013:1-66.
- [3] 唐庆海.大庆油田井下环保作业模式的建立与完善[J].油气田环境保护,2017,27(4):57-59.
- [4] 王尚卫,梁万银,张雄涛,等.水平井正反水力连续循环作业装置的研制[J].石油机械,2016,44(6):92-95.
- [5] 张强,许传波.连续循环阀钻井技术在南海东部大位移井中应用[J].石油矿场机械,2016,45(12):79-82.
- [6] 池胜高,代琼曦,张策,等.国外多次激活旁通阀技术现状[J].石油机械,2015,43(10):30-33.

(收稿日期 2019-09-10)

(编辑 郎延红)