

移动式气举技术在哈得油田酸化排液中的应用

付道明¹ 吴晓东¹ 王景利² 段玉明² 张博²

(1. 中国石油大学石油天然气工程学院 2. 中国石油塔里木油田公司)

付道明等. 移动式气举技术在哈得油田酸化排液中的应用. 天然气工业, 2008, 28(10): 84-86.

摘 要 在低压、超深油井里, 酸化后残酸快速返排对于降低二次污染和增加酸化效果具有重要作用, 抽吸排液法、连续油管注氮气排液法、水力喷射泵注液降压排液法在排液速度和经济成本等方面存在不同的缺陷。应用成熟的气举采油井下配套技术, 结合可以移动的地面制氮注入设备, 形成了一套全新的移动式气举酸化排液技术, 从而发展了塔里木油田的气举采油技术, 并在塔里木哈得油田试验和推广应用见到了较好的经济效益。

主题词 塔里木油田 酸化 排液 气举采油

一、技术现状及油田基本情况

1. 哈得油田基本情况

哈得油田是中国石油塔里木油田公司近几年来滚动勘探开发的重要成果, 具有地质储量高、含油面积大、油层埋藏深、储层单一的特点, 但油层薄、地层能量低。这也是塔里木油田公司年产油量最高的油田, 目前主要以电泵采油为主。移动式气举采油技术在该地区的成功应用, 对于降低采油成本, 提高生产效率具有重要意义。

2. 气举采油技术现状及存在的问题

气举采油是塔里木油田主要的人工举升采油方法之一, 目前主要应用在轮南油田、塔中 4 油田, 到 2007 年底, 共有气举采油井 46 口。其主要采油工艺是在联合站附近建立气举压缩机站, 通过气举压缩机站把联合站的低压天然气增压后输送到各配气计量站, 通过配气计量站配送到各气举井进行气举采油。气举所用的压缩机、配气站、和输气管线等地面设施一般均为固定安装, 投产后连续使用不能移动。

塔里木油田的气举采油经历了近 17 a 的历史。轮南油田气举采油较早, 塔中由于油井自喷能力较强, 气举采油相对较晚。在这两个地区通过相应的技术改造都获得了较高的投入产出比, 证明在塔里木油田气举采油是一个行之有效的方法。

塔里木气举采油工艺技术发展经历了气举井优化设计、气举井管柱优化、气举井工况诊断、气举井调试和气举井下工具国产化等技术研究工作, 初步

形成了一套气举采油工艺, 目前井下部分主要选用了半封闭式气举管柱和开式气举管柱结构(见图 1)。管柱分别配套井下气举阀、气举工作筒、封隔器、滑套、伸缩管等井下工具。

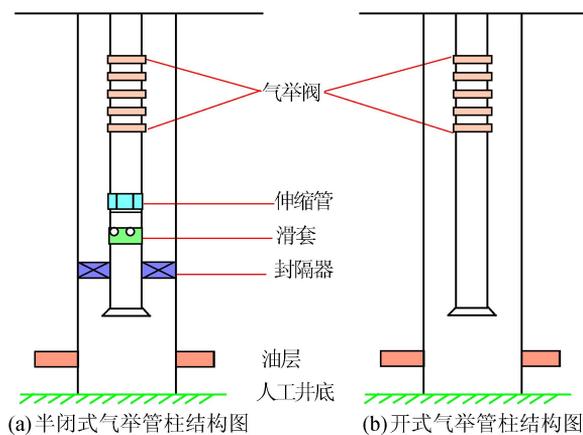


图 1 半封闭式、开式气举管柱结构图

(1) 气举井下工具^[1-2]

气举阀和偏心工作筒是气举井的主要井下工具。初期气举阀以引进为主, 主要是 Baker 公司的 316SS 型气压控制波纹管气举阀、OTIS 公司的 96RF1000 系列液压控制弹簧阀及 LM-16 型比例反应弹簧气举阀; 后期进行了国产化, 目前主要应用 ZBT-1A 气压控制波纹管气举阀和 PT288A1-2B 偏心工作筒。

液压气举阀和气压气举阀二者的差别在于: 前者主要通过油压的控制使气举井正常生产, 而后者

作者简介: 付道明, 1964 年生, 博士研究生; 主要从事采油工艺技术研究与应用工作。地址: (102249) 北京市昌平区府学路 18 号中国石油大学 251 信箱。电话: (010) 89733947。E-mail: fudm777@163.com

通过控制注气压力使气举井正常生产。

封隔器、滑套、伸缩管主要是为了配合半闭式气举管柱使用的井下工具。封隔器的工作原理是当封隔器下到设计深度后,投球憋压,使带压液体把卡套剪钉剪断,卡套上行,锁卡块解卡,活塞传力总成在压力推动下下行,在静液压差和油管施加压力作用下,压缩胶筒、锥体锥进卡瓦使其咬紧套管。当油管泄压时锁紧总成的卡瓦咬住中心管,封隔器进行封隔和定位,并完成座封。封隔器解封时,上提油管,封隔器外部胶筒总成、卡瓦总成不动,上提力作用于解封剪力环,剪断剪钉,封隔器解封。

滑套的工作原理是由可移动内套和固定不能移动外套配合组成。外套有一组孔,孔上下分别有一组人字盘根,内套有两组长孔;当其内部长孔与外套孔对齐时,沟通油管与油套环空;可用专用的位移工具移动内套来实现滑套开关。伸缩管是一个由内孔光滑两端带定位台阶的外套和一个中心管组成。两者之间填有“V”型橡胶盘根组成一个可轴向运动而且可以承高压密封伸缩机构。伸缩管入井后一般处于半伸开状态,当管柱在工作时受到温度、压力等变化所引起管柱伸长或缩短时,防止油管伸缩拉伸、挤压封隔器,使封隔器产生位移、失效的作用,其长度为4 m,有效伸缩距离3 m。

(2) 气举阀的调试、检验和投捞工具

气举阀要严格按照设计要求进行地面调试,使之在井下能较长时间正常工作,主要配备了 OTIS 公司的气举阀调试台、增压机、老化器等调试设备。油井生产情况发生变化,井下气举阀的工作参数需要及时调整,塔里木油田配套使用了 OTIS 公司和 Baker 公司钢丝投捞车以及适合于 25.4 mm 和 38.1 mm 气举阀的投捞工具串^[3-4]。

3. 酸化排液工艺现状及问题

塔里木哈得油田普遍采用电泵井采油。采油强度高,地层压力低,油井酸化后排酸困难。初期的油井酸化排液方式以抽吸法、连续油管注氮气排液法和水力喷射泵排液法为主。抽吸法是用钢丝绳和抽吸筒进行人工举升的一种井筒排液方法,其优点是成本低廉,施工日费约 3 000 元;缺点是排液速度较慢,日排液量低于 15 m³;举升深度低,一般低于 2 000 m;排液的周期长且无法进行工程测井,酸化后易造成油层二次污染。连续油管排液是用连续油管和制氮车进行人工气举的一种快速排液工艺,把

连续油管下入井筒里,制氮车通过连续油管不断注入氮气,从而进行井筒排液。其优点是可以实现快速排液,举升深度一般 2 000~3 500 m;缺点是连续油管容易堵塞油管,影响流速和排量,且成本较高,日费用高达 13.6 万元。

水力喷射泵排液是地面注入泵把动力液注入井筒经过水力喷射泵喉管,造成局部负压,产生抽吸作用举升井内流体,从而降低井底压力,实现人工举升的快速排液工艺。其优点是可以实现快速排液的目的,成本相对较低,每天约 3 万元。缺点是地面配套设备复杂,需要配套供液和注入设备,油管必须保持密封,井筒要求冲洗干净无杂物,对作业施工质量要求较高,举升深度也受到地面注入泵压力限制;井下必须安装封隔器从而限制了复杂井况的适应性;地面动力液不可以循环使用,需要从井场外拉运,从而增加了运输成本和动力液成本;每次投产还需要进行钢丝投捞作业把井筒内部分喷射泵的喷嘴捞出井筒;而且无法进行测井作业。

抽吸法存在着无法实现快速排液的问题,连续油管和 水力喷射泵虽然可以实现快速排液的工艺,但是一个成本过高,一个适应性差,并且无法进行工程测井。因此必须探索一种既要能满足快速排液的目的,又要能适应各种复杂井况,同时可以进行工程测井,而且工艺简单可行,作业成本相对较低的低压油井酸化后快速排液新工艺^[5]。

二、移动式气举技术的提出及技术特点

针对上述问题,通过反复论证、实验,提出了移动式气举技术。移动式气举技术就是应用常规气举采油井下配套技术和地面可移动车载式制氮压缩设备相结合,由制氮车提供气举的气源和压力,应用在没有地面气举设施而需要酸化快速排液的油井,它具有移动方便、安装灵活、工艺简单、作业成本低、施工效益高等特点。

1. 原理

移动式气举技术是气举采油工艺应用范围的扩展。气举阀排液技术和常规气举采油工艺原理一样,需要优化设计气举阀打开压力和关闭压力,并进行地面调试,使用常规的气举阀。与常规的气举井相比其主要区别在于气举的气源和气举气的输送到井口的方式不同,常规气举采油工艺使用油田生产的天然气为气源,注气压力一般在 10.0~12.0

MPa;而移动式气举工艺使用的气源是由移动式液氮生产装置产生的高压氮气,注气压力一般在10.0~25.0 MPa,工艺简单、操作方便灵活。充分利用了塔里木油田成熟的气举阀优化设计、管柱设计、作业设计、工况诊断、气举阀校验和投捞、气举井生产管理与调试等一系列完整的气举采油工艺技术,从而形成了移动式气举快速排液技术,来解决哈得油田低压油井酸化作业后排酸困难、排液时间长、作业成本高等问题。

2. 关键技术可靠

(1)目前使用的ZBT-1型国产可投捞气举阀最高耐内外压差35 MPa。气举阀在使用时内部充压一般为7.0~12.0 MPa,可承载外压42.0~45.0 MPa,最大可下入深度4 000 m,满足了塔里木哈得油田酸化后快速排液需要。

(2)安装气举阀的偏心气举工作筒的扣型是 $\varnothing 73.03$ mm的UP TBG,最低抗拉强度为1 091 kN,与塔里木油水井使用的油管扣型相同,偏心气举工作筒全部采用的是35Cr-Mo合金钢材料,设计最高单独耐内压为55 MPa,承受最高单独抗外压为45 MPa,也满足了油井下深强度要求。偏心气举工作筒的最小内径为62 mm,与现有的 $\varnothing 73.03$ mm油管内径一致,因此不影响测井工具的正常下入。

(3)车载制氮设备最高输出氮气压力35 MPa,制氮最大速度 $900\text{ m}^3/\text{h}$,经济稳定的输出氮气压力是20 MPa、制氮速度为 $720\text{ m}^3/\text{h}$,与轮南油田气举井的平均用气量 $840\text{ m}^3/\text{h}$ 相近,配合使用 $\varnothing 73.03$ mm或 $\varnothing 88.90$ mm油管,排液速度可稳定控制在 $20\sim 350\text{ m}^3/\text{d}$ 之间,完全能够满足排液需要。

3. 应用效果好

移动式气举技术2004年4月在HD1-9H井进行了现场酸化排液试验并获得了成功。本次酸化施工用各种酸液 256 m^3 ,顶替液 15 m^3 ,合计用液 271 m^3 ,最高酸化油压75.6 MPa,最高套压36.5 MPa;酸化后下入3级气举阀,前6 d共排出液 326 m^3 ,气举阀和工作筒基本完好,保证了油井正常生产。到2007年12月,在哈得油田HD114H井、HD1-28H、HD4-31H等近30口井推广应用,平均单井节约作业费用近32万元。

三、认识与结论

(1)移动式气举技术在塔里木哈得油田酸化后快速排液中应用,对没有地面固定配套气举设施的油井成功进行了气举排液,推广和发展了塔里木油田的气举采油工艺技术。

(2)气举阀和工作筒经过回收处理可以重复使用,进一步节约采油成本;排液速度可根据不同地层特征优化调整。

(3)排液施工过程中,严格控制注气压力与气举阀设计压力一致,是移动式气举快速排液工艺成功的关键因素,要求加强现场操作控制管理。

(4)气举快速排液工艺井筒内没有相对运动设备,不会出现断、掉、卡、碰等作业事故,实践证明是塔里木哈得油田深井超深井高温高压条件下快速排液的简单有效的新工艺。气举快速排液工艺直接把气举偏心工作筒和油管一起下入井下,地面只有一套车载制氮设备(制氮车),工艺简单,科学合理。

(5)只需要控制好制氮车输出压力即可满足快速排液工艺要求,在排液后期,通过压力控制即可达到调节举升深度和排液量的目的,操作简便。

(6)在酸化排液过程中,减少了往返起下作业工序,酸化结束后即可开始快速返排残酸,一些井排酸率可达100%,有效防止地层二次污染,保证了酸化效果。

参 考 文 献

- [1] 万仁溥.采油工程手册[M].北京:石油工业出版社,2000:184-201.
- [2] 苏俊,韩振华.井下作业技术数据手册[M].北京:石油工业出版社,2001:166-176.
- [3] 魏家勇,王琴华,黄全.调整油管流态在气举井的应用实践[J].天然气工业,1999,19(3):99.
- [4] 贺遵义.一井两层井内间举升开采技术[J].天然气工业,1999,19(3):73-76.
- [5] 李颖川,朱家富,秦勇.排水采气井油管和环空两相流降压优化模型[J].石油学报,1999,20(2):87-92.

(修改回稿日期 2008-09-23 编辑 韩晓渝)