

江苏油田CO₂井修井技术研究与应用

吴方惠¹, 吴刘颖²

(1. 中国石化江苏油田分公司工程技术服务中心, 江苏 扬州 225265; 2. 扬州大学, 江苏 扬州 225009)

摘要:近年来,随着CO₂三次采油技术在江苏油田推广使用,CO₂腐蚀造成油套管变形、错断等现象时有发生,通过对CO₂井控、打捞、找漏和套管回接等技术的研究,形成了CO₂井修井特色配套工艺技术系列,这些技术已经现场应用49井次,成功率94%,具有良好的推广应用前景。

关键词:CO₂井;修井;井控;压井液

中图分类号:TE358 **文献标志码:**A

Research and application of CO₂ well workover technology in Jiangsu Oilfield

WU Fanghui¹, WU Liuying²

(1. Engineering and Technical Service Center of Jiangsu Oilfield Company, SINOPEC, Yangzhou 225265, China;

2. Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: In recent years, with the application of CO₂ tertiary oil recovery technology in Jiangsu Oilfield, the phenomena of casing deformation and wrong breakage caused by CO₂ corrosion have often occurred. Through the research of CO₂ well control, fishing, leakage finding and casing tieback and other technologies, a series of CO₂ well workover characteristics supporting technology has been formed, and these technologies have been applied in 49 wells on site with a success rate of 94%, which has good prospects for popularization and application.

Key words: CO₂ well; workover well; well control; kill fluid

引用格式: 吴方惠, 吴刘颖. 江苏油田CO₂井修井技术研究与应用[J]. 复杂油气藏, 2024, 17(1): 123-126.

WU Fanghui, WU Liuying. Research and application of CO₂ well workover technology in Jiangsu Oilfield[J]. Complex Hydrocarbon Reservoirs, 2024, 17(1): 123-126.

目前江苏油田有CO₂井150多口,约占油田总开井数的5%。由于CO₂腐蚀造成油套管变形、错断等现象发生^[1-3],导致近几年CO₂井复杂作业(管杆打捞、套管修复等)达到20多井次。因此,加强CO₂井修井技术研究对油田增储上产具有重要意义。

1 CO₂井控技术

由于油田缺乏专用的CO₂井控设备和技术,影响了井控安全,因此,有必要开展CO₂井控技术的研究。

1.1 CO₂井专用防喷器

普通防喷器易受到CO₂腐蚀,必须在结构和材质上进行研究改进。一是对钢圈槽、内腔堆焊不锈钢;二是加工不锈钢活塞轴、闸板;三是更换全套密封件(氢化处理)及锁紧轴;四是对本体防腐处理。

主要技术参数:

工作压力:21 MPa和35 MPa;

公称直径:180 mm和186 mm;

外形尺寸:1 410 mm×380 mm×680 mm;

额定温度:-29 ~ 125 °C;

重量:980 kg;

腐蚀率:0.045 mm/a。

现场应用:CO₂井专用防喷器已在C9-1等井现场成功应用15井次,防喷器未出现渗漏现象,内外本体未出现受腐蚀现象,闸板使用均正常。CO₂井专用防喷器提高了防喷器抗CO₂腐蚀能力,延长了井控设备使用寿命,提升了井控安全。

收稿日期:2023-10-26;改回日期:2023-11-20。

第一作者简介:吴方惠(1975—),高级工程师,从事石油工程技术研究工作。E-mail:wufh.jsyt@sinopec.com。

1.2 井下作业管柱防顶器

在CO₂井修作业过程中,井筒内气体压力升高,会使管柱上窜甚至被压力顶出井外而造成事故。研制的不锈钢井下作业管柱防顶器,通过专用卡瓦

可锁住管柱,防止管柱被压力顶出或上窜。在井内压力突然增高时,可使用该工具快速采取井控措施,进行封井,防止井喷事故发生。井下作业管柱防顶器结构见图1。

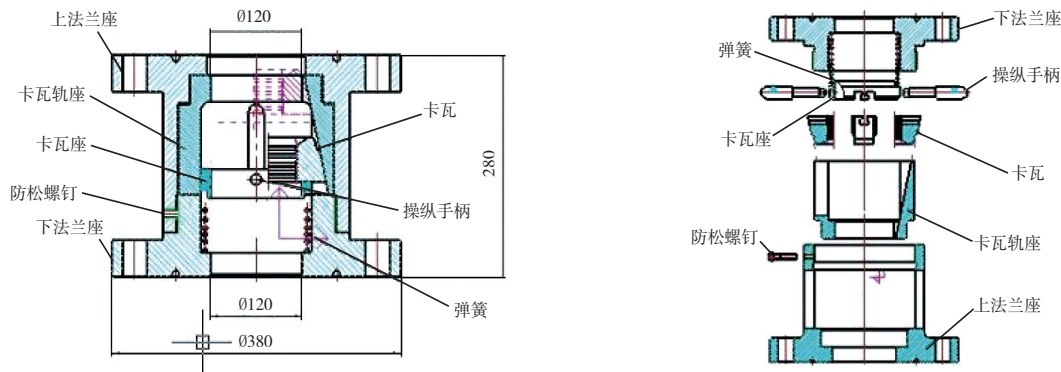


图1 井下作业管柱防顶器结构

1.3 CO₂井顶丝刺漏抢喷装置

由于CO₂气体具有很强的腐蚀性,腐蚀顶丝,易造成顶丝刺漏,导致井口失控。顶丝刺漏抢喷装置由固定盘、前后移动体、上下调节体、密封体等部分

组成(见图2)。在作业现场实施封堵操作时,无需外部动力,无需大型辅助设备,只需2个施工人员即可简单操作,因此在没有电、液压动力的作业现场均可以实施封堵。

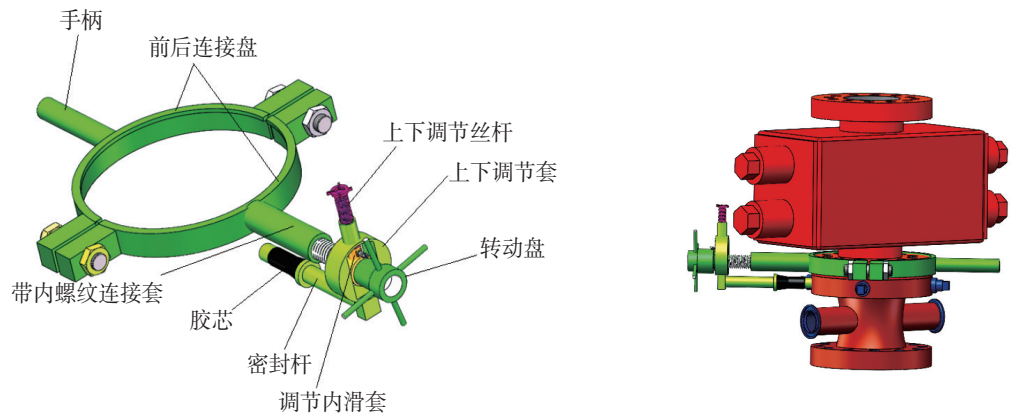


图2 CO₂井顶丝刺漏抢喷装置

1.4 抗气桥连压井液

由于普通压井液受到CO₂气侵较为严重,导致压井过程中反复起压,压井时间过长。为此研发了抗气桥连压井液。该压井液以卤水为主体,添加缓蚀剂,优选了JW-1抗气桥连剂,能降低水、溶液、悬浮液等的表面张力,消除井筒内CO₂气体,实现平稳压井作业。

现场应用:T98-1井普通卤水压井平均要4~5 d,使用抗气桥连压井液后,18 d内未进行压井作业。压井过程中,泵压平稳,返出液中CO₂气体明显减少,压井后井口无溢流。该压井液提升了压井效率,节约了施工成本,已经成功应用8井次。

2 CO₂井套铣一体化穿越兜底打捞技术

由于CO₂对井内管杆或工具腐蚀严重,造成管柱撕裂、鱼顶不规则、鱼顶内外径变化等现象发生,利用鱼顶打捞易断脱,打捞效率低下。CO₂井套铣一体化穿越兜底打捞技术利用打捞工具和套铣筒穿过强度较小的落鱼本体,抓捞下部外径较大或强度较高的部位,套铣打捞和穿越打捞相结合。CO₂井套铣一体化穿越兜底打捞技术方案见表1。

现场应用:T95-8井油管受CO₂腐蚀,油管强度下降。鱼顶为Ø73 mm内衬油管接箍,井筒内抽油杆露头、有大量连续抽油杆片体,井筒状况复杂。

先用抽油杆打捞筒处理了鱼顶抽油杆片体,再使用方案2(套铣头+母锥+套铣筒+组合钻具)进行打捞,通过洗井、加压造扣,捞获全部落鱼。该技术提高了打捞效率,已经成功应用14井次,增油2 869 t。

表1 CO₂井套铣一体化穿越兜底打捞技术方案

方案	方案1	方案2	方案3	方案4	方案5
	套铣头+卡瓦捞筒+套铣筒+组合钻具	套铣头+母锥+套铣筒+组合钻具	套铣头+倒扣捞筒+套铣筒+组合钻具	开窗套铣一体化捞筒(高强度)+套铣筒+组合钻具	防偏套铣头+闭窗捞筒(高强度)+套铣筒+组合钻具
共性适用范围	适用于井筒状况较复杂,结垢严重或有落物需要套铣解决的		适用于油管腐蚀严重,但油套环空条件较好,可以通过套冲实施打捞		
个性适用范围	落鱼可以用卡瓦捞筒打捞的	鱼顶可以实施母锥打捞的	有条件实施倒扣作业的	适合有台阶的落鱼	落鱼位置不正
优点	卡瓦捞筒可退		如无法解卡可倒扣作业,捞出部分落鱼	不破坏落鱼	可以承受较大打捞负荷
缺点	可能会破坏落鱼	管柱不可退		不适合地层出砂严重;管柱不可退	管柱不可退

3 CO₂井找漏配套技术

CO₂对橡胶具有较强的溶解能力,对封隔器胶筒侵蚀能力极强,还会对封隔器本体产生腐蚀,所以普通封隔器难以满足CO₂井找漏工艺需求^[4]。

3.1 CO₂井专用封隔器材质

封隔器的关键受力件采用L80-13Cr材质,其余钢件采用优质碳素结构钢,除了钢件材料上的抗CO₂腐蚀以外,关键受力件螺纹均采用抗CO₂腐蚀涂层。

3.2 CO₂井专用封隔器胶筒

CO₂井注气压力较高,注入井下的CO₂通常处于超临界状态,较常态下的性质有很大不同,其密度近似于液体,黏度接近于气体,扩散系数相当于液体的100倍,具有较强的溶解能力,对井下封隔器的胶筒气侵,使管柱密封失效,严重影响找漏效果。

选择丁腈橡胶、氢化丁腈橡胶、全氟醚橡胶、四元乙丙橡胶、三丙氟橡胶,在模拟CO₂条件下,进行了力学性能和耐热性测试(见表2)。测试结果是氢化丁腈橡胶效果最好,所有的性能均满足要求。

表2 不同橡胶性能评价结果

橡胶名称	硬度	耐热性	拉伸强度	断裂伸长率	质量体积变化	撕裂强度	定伸强度	拉伸永久变形	压缩永久变形
丁腈橡胶	×	×	×	×	√	×	×	√	×
氢化丁腈橡胶	√	√	√	√	√	√	√	√	√
全氟醚橡胶	×	√	√	√	×	√	√	√	√
四元乙丙橡胶	√	×	√	√	√	×	√	×	√
三丙氟橡胶	×	√	×	×	×	×	×	×	×

注:√代表符合要求,×代表不符合要求。

3.3 CO₂井专用封隔器防蠕动

在部分封隔器结构上,增加水力锚,防止管柱蠕动,提高封隔器使用的有效性。解决了找漏位置较浅,管柱上窜的问题。

3.4 现场应用

2022年10月,H17-38井用Y221型CO₂专用封隔器进行验套找漏,反复坐封8次验套,封隔器入井时间超过40 h,起出封隔器胶筒完好,未见老化现象,本体表面无腐蚀迹象。CO₂井找漏配套技术已成功应用14井次,专用封隔器找漏成功率95%,较普通封隔器(成功率小于30%)找漏效率高,节约了作业成本,缩短了施工周期。

4 CO₂井套管回接技术

井筒内CO₂相变产生的应力变化会引起套管变形和错断,CO₂井套管修复中,注水泥固井可以降低这种风险,胶式套管回接装置和灰式套管回接装置可实现注水泥固井,同时不缩小井筒内径,达到CO₂井套管修复技术要求,有利于后续修井处理。

4.1 胶式套管回接装置

胶式套管回接装置以胶筒密封为主,灰浆密封为辅,通过胶筒和灰浆双密封套管,密封性好。套管回接装置管柱由套管、分级注水泥器、套管回接装置等组成(见图3)。

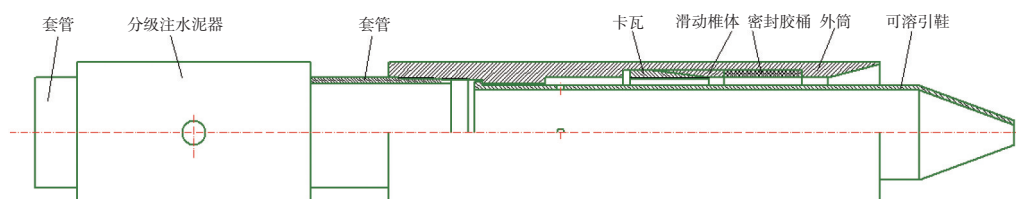


图3 胶式套管回接装置

操作方法:管柱串下至距离鱼顶2~3 m,循环清洗鱼头,缓慢下放管柱,确定可溶引锥引鱼成功,下压和上提管柱,卡瓦卡紧落鱼,同时滑动锥体下行压紧密封胶筒,与鱼头套管外壁形成密封。试压确认回接是否成功,再通过分级注水泥器进行二次固井。可溶引锥正常在7 d以内完全溶解。

4.2 灰式套管回接装置

灰式套管回接装置采用灰浆单密封,结构简单,操作方便,工具成本低。套管回接装置管柱由主体、卡瓦、引鞋等组成(见图4)。

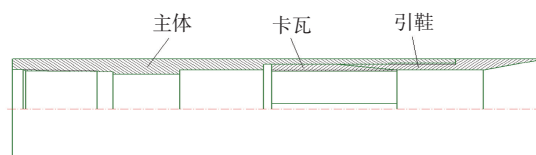


图4 灰式套管回接装置

操作方法:下套管回接装置管柱串至距离鱼顶2~3 m,循环清洗鱼头,缓慢下放管柱,核实碰顶方入,泵压升高,确定引鱼成功,下压和上提管柱,卡瓦依靠自身弹性卡在套管上,卡瓦卡紧。再通过卡瓦槽向套管外注水泥进行固井。

4.3 现场应用

2022年,胶式套管回接装置和灰式套管回接装置分别在L38-3井和Z4X1井成功进行了套管回接施工,累计增油483 t。满足了既可以不缩小井筒内径,又可以同时固井的CO₂套管修复技术要求。

5 结论与认识

(1)针对江苏油田CO₂井修井技术现状,研发了CO₂井控技术、CO₂井套铣一体化穿越兜底打捞技

术、CO₂井找漏配套技术和CO₂井套管回接技术,形成了CO₂井修井特色配套工艺技术系列。

(2)CO₂井修井配套工艺技术已经现场应用49井次,成功率94%,该配套技术具有良好的推广应用前景。

参考文献:

- [1] 张学元,王凤平,于海燕,等.二氧化碳腐蚀防护对策研究[J].腐蚀与防护,1997(3):8-11.
ZHANG Xueyuan, WANG Fengping, YU Haiyan, et al. Research on the protection of carbon dioxide corrosion [J]. Corrosion & Protection, 1997(3):8-11.
- [2] 赵垒,闫怡飞,王鹏,等.气井生产过程中碳钢管柱CO₂腐蚀规律[J].石油学报,2019,40(2):232-239.
ZHAO Lei, YAN Yifei, WANG Peng, et al. CO₂ corrosion of carbon steel string in gas well production [J]. Acta Petrolei Sinica, 2019, 40(2):232-239.
- [3] 马德胜,王伯军,吴淑红.油气生产过程中CO₂腐蚀预测研究[J].西南石油大学学报(自然科学版),2010,32(3):137-140.
MA Desheng, WANG Bojun, WU Shuhong. Research on prediction of carbon dioxide corrosion in hydrocarbon production process [J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2010, 32(3):137-140.
- [4] 王凤山,徐德奎,李魁龙,等.CO₂封隔器胶筒密封机理研究[J].采油工程文集,2018(3):1-4,84.
WANG Fengshan, XU Dekun, LI Kuilong, et al. Study on sealing mechanism of CO₂ packer [J]. Oil Production Engineering, 2018(3):1-4,84.

(编辑 韩 枫)