

塔里木油田高压气井压井技术

郑如森,高文祥,王磊,张宏强,张梁,陈兵

中国石油塔里木油田分公司克拉油气开发部 新疆库尔勒 841000

通讯作者:Email:564679117@qq.com

引用:郑如森,高文祥,王磊,等. 塔里木油田高压气井压井技术[J]. 油气井测试,2021,30(2):30-33.

Cite: ZHENG Rusen, GAO Wenxiang, WANG Lei, et al. Well killing technology for high pressure gas wells in Tarim Oilfield [J]. Well Testing, 2021, 30(2):30-33.

摘要 塔里木油田库车山前高压气井在生产过程中井完整性缺陷,不同程度出现一级屏障失效、二级屏障受损、环空压力超限等复杂情况,采用压回法、置换法等常规方法无法实现应急压井。结合不同作业井井况、压井装备、地面控制设备、压井液类型、压井液密度、压井方法等,采用带压灌注法、节流循环法和高压挤注法等非常规压井方法,可快速有效控制井控风险,达到压井目的。塔里木油田 KEsXX 井油套连通且 C 环空压力超限,采用综合的非常规压井技术进行现场压井,取得良好效果。该技术对高压油气井生产现场应急处置具有很好的借鉴和指导意义。

关键词 塔里木油田;井完整性;高压气井;井控;压井技术;带压灌注法;节流循环法;高压挤注法

中图分类号:TE337 **文献标识码**:B **DOI**:10.19680/j.cnki.1004-4388.2021.02.006

Well killing technology for high pressure gas wells in Tarim Oilfield

ZHENG Rusen, GAO Wenxiang, WANG Lei, ZHANG Hongqiang, ZHANG Liang, CHEN Bing

Kela Oil and Gas Development Department of PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla, Xinjiang 841000, China

Abstract: Due to the well integrity defects in the production process of Kuqa Piedmont high-pressure gas well in Tarim Oilfield, the primary barrier failure, secondary barrier damage, annular pressure overrun, and other complex situations occur in different degrees. The conventional methods such as bullheading method and displacement method cannot achieve emergency well killing. In this paper, combined with the well conditions, well killing equipment, ground control equipment, well killing fluid type, well killing fluid density and well killing method of different operation wells, unconventional well killing methods such as perfusion with pressure, throttling circulation and high-pressure squeeze injection are adopted to control well control risk quickly and effectively and achieve well killing purpose. The casing of Well KEsXX in Tarim Oilfield is connected and the pressure of C annulus is beyond the limit. The comprehensive unconventional well killing technology is used to kill the well on site, and good results have been achieved. This technology has a good reference and guiding significance for emergency disposal of high-pressure oil and gas wells.

Keywords: Tarim Oilfield; well integrity; high-pressure gas well; well control; well killing technology; pressure injection method; throttling circulation method; high pressure squeeze injection method

随着塔里木油田天然气上产的跨越式发展,高压高产气井井完整性问题日益突出。目前,井完整性的核心是在全生命周期内建立两道有效的井屏障,降低地层流体不可控的泄漏风险^[1]。因此,高压气井安全压井问题已成为塔里木油田高效开发过程中的一个比较突出且亟待解决的技术难题。压井就是将具有一定性能和数量的液体泵入井内,并使其液柱压力相对平衡于地层压力的过程;或者说压井是利用专门的井控设备和技术向井内注入一定重度和性能的压井液,重新建立井下压力平衡

的过程^[2-3]。而井控安全中核心的问题就是选取合适、有效的压井方法^[4]。对于一般的油气井,可能地层压力不是太高,可以采用压回法、置换法等常规压井方法压井^[5],但对于高压气井发生井完整性缺陷时,井控风险高,现场可用于决策的时间有限,熟悉井下状况和地面装备等,才能在最短的时间内设计出较为合理的压井施工方案^[6]。要解决高压气井非常规压井的问题,必须弄清非常规井控的基本原理,根据不同的地面设备条件和井下情况,选择不同的压井方法和施工参数,减少盲目性,提高

成功率^[7-9]。塔里木油田库车山前是超深、高温、高压、高产气藏的典型代表,目前约占总井数的 25% 存在井完整性问题,表现为采气井口渗漏、油套窜通、油管柱渗漏、井下安全阀问题、生产套管渗漏、技术套管渗漏等,其中油套窜通问题最为突出^[10]。大量的气井在生产过程中出现油管柱渗漏或外层技术套管持续带压,而外层技术套管压力一旦超过其管柱承受的极限压力,可能导致整口井报废,甚至引发天然气窜漏至地层、泄漏至井口等无法控制的灾难性事故。需要及时调整气井产量并进行压井,控制风险,建立井下压力平衡以便修井恢复井筒^[11]。

1 井况及对策

库车山前区块地层压力高、窗口小,对于压井液密度很难选择,并且单井产气量大,常用的压井液易气侵。裂缝型砂岩地层易漏易喷,采用常规的压井方法容易将高压气体带出井筒,带来较大井控风险^[12]。单井生产井口套管头放压管线及控制阀组单一,无地面控制管汇及液气分离装置且库车山前区块面积大,常规泥浆压井存在污染大、成本高且调运不便。综合考虑地面控制装备、压井液储备、井身结构及地层情况,选择合适的压井方法快速有效的控制井筒,以达到压井的目的^[13]。

1.1 压井液类型的选择

塔里木油田高压气井单井地层压力高,产气量大,用泥浆作为压井液气侵严重,同时泥浆拉运或配置耗费时间长、成本高、对地层污染严重^[14]。因此,目前通常选用气田水或有机盐液体先进行压井或半压井,这种压井控制风险的方法具有气侵小,成本低,污染小、现场易取得的优点。

1.2 压井液密度的选择

根据塔里木油田井控实施细则要求,一般气井压井液密度为在地层压力系数基础上附加 0.07 ~ 0.15 g/cm³,但是,由于地层压力在开采过程中变化较大,高压气井漏失量大,因此,压井液密度的取得必须参考同区块的测井资料或该井作业时的压井液密度,以及邻井压井液密度进行综合考虑,通常是在地层压力系数基础上附加 3.0 ~ 5.0 MPa^[15]。

1.3 压井方法的选择

压井方法选择的正确与否直接关系到压井成败与井控的安全^[16]。在处理高压气井时,压井方法的选择非常重要,不同的井况条件应选择不同的压

井方法。如果压井方法选择不当,将会导致压井施工失败,严重时可能导致井喷失控^[17]。塔里木油田库车山前高压、高产气井正常生产时井口压力为 27.5 ~ 101.3 MPa。目前,结合采油气现场压井装备及地面控制设备等,常用的压井方法有带压灌注法、节流循环法和高压挤注法 3 种。

(1)对于高压低渗区块,关井压力超过 A 环空承压范围的高压气井,可选用带压灌注法进行压井或半压井。带压灌注旨在降低井口压力,减小井控风险,在井口装置压力容许的情况下,多次灌注、多次放压,循环操作,达到压井或半压井的目的。此方法多用在井口压力较高、井内管柱完整性良好、生产套管良好且可以承受高压以及压井液体准备充足的作业基础上。特点是必须利用高压泵车组,且泵注排量大,部分压井液会被高压气流带出井筒,可根据泵压及井口压力情况实时节流,同时结合井身结构质量和管柱力学性能,在压井过程中做好环空压力的实时补泄及监测工作。

(2)对于油套连通,连通通道较深或已进行深部油管穿孔的气井,可优先选用节流循环法进行压井。节流循环法压井的关键是根据现场地面控制装备确定合适的压井液密度、压井方法以及控制适当的回压。节流循环压井法分为反循环节流压井法和正循环节流压井法^[13]。两种方法指标比较见表 1。

表 1 两种压井方法指标的比较
Table 1 Comparison of indexes of two well killing methods

项目	节流反循环	节流正循环
适用井况	压力高、产量大	压力低、气量较大
泵注方式	油套环空进,油管出	油管进,油套环空出
井液流速	由低到高	由高到低
沿程磨阻	损失小	损失大
井底回压	回压大	回压小
储层伤害	有一定损害	有轻微损害
风险控制	井口降低控压,避免压漏地层	气量较大时,压井前适当放喷降压

(3)对油套不连通且没有循环通道的高压气井,地面控制设备无保障或因某种事故不能进行循环的,不能采用节流循环法进行压井;地面无高压控制设备和油气水分离设备也不能采用带压灌注法进行压井,以上井况可采用高压挤注法压井。带压灌注法压井适用于地层压力高,且吸液能力差的井筒条件。但高压挤注法压井要确保地层有一定吸液能力,可顺利将井筒流体压回地层。该方法是井口只留有压井液的进口,其余管路闸门

全部关死,在地面用高压泵组将压井液挤入井内,把井筒中的油、气、水挤回地层,以达到压井的目的。

2 现场应用

塔里木油田 KEsXX 井完钻井深 6 753.88 m,完钻层位为白垩系巴什基奇克组,井身结构如图 1 所示。该井投产初期,日产气 $40.29 \times 10^4 \text{ m}^3$,油压 90.9 MPa,A 环空 48.4 MPa,B 环空 20.2 MPa,C、D 环空不带压。投产后 5 年左右,由于井筒结垢或出砂,油压、产量下降,且该井油套连通,油压 39.6 MPa,A 环空 39.6 MPa,B 环空 38.9 MPa,C 环空 23.83 MPa,D 环空 0.36 MPa。C 环空压力超限(C 环空最大允许带压值为 17 MPa)。为了控制并解除井控风险,需要紧急压井。

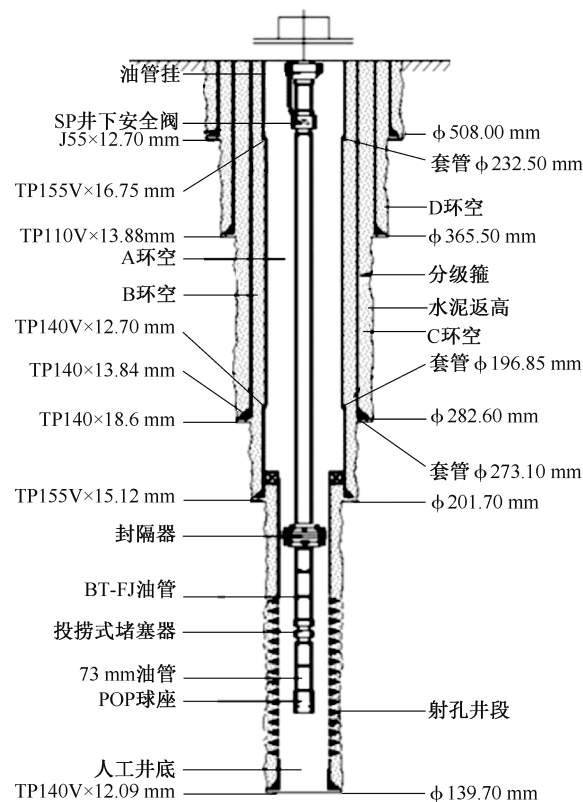


图 1 KEsXX 井井身结构示意图

Fig. 1 Structural diagram of Well KEsXX

该井压井液选择有机盐液体和油基泥浆。压井液密度参考地层压力系数 1.34,先用密度 1.4 g/cm^3 的有机盐液体,后用密度 1.49 g/cm^3 的油基泥浆。压井方法为先用有机盐液体节流循环排除环空侵入油气,而后正反挤半压井,控制井控风险,最后用压井泥浆节流循环达到压井目的。辅助的压井设备配置连续油管 and 配套的井口带压作业装置,在井

筒压井通道缺陷的情况下,可将连续油管下入井内,快速建立压井通道。施工前连接井口正反挤压井管线并试压,且油压及各环空均连接节流放压管线。

(1)有机盐半压井,循环排 B 环空天然气。打开 B 环空泄压管线持续泄压;反挤 1.4 g/cm^3 有机盐 0.34 m^3 ,B 环空泄压口出水,正挤有机盐,A、B 环空压力同步增加至一致;向 A 环空挤有机盐水 2 m^3 时 B 环空出液。A 环空继续泵入有机盐,C 环空压力控制在 16~18 MPa 左右。证实 A、B 环空在浅部位有窜漏点。

(2)连续油管挤压井。由于 A、B 环空在浅部位有窜漏点,压井液存在短路循环,泵注压井液不能有效建立井筒内液柱压力;且 B、C 环空压力超压,无法进行高压挤注压井,则下入连续油管建立压井通道,首先建立油管柱内液柱压力。下放连续油管至 5 300.5 m,从连续油管内泵入 1.4 g/cm^3 有机盐,A 环空节流循环压井,采油树放喷翼出口见液,关闭采油树放喷翼,继续泵入有机盐,泵压开始下降后波动。停泵观察,油压 12.39 MPa,A、B 环空 12.38 MPa,C 环空 0 MPa,D 环空 0.43 MPa。完成半压井,降低了井控风险。

(3)上钻机修井,准备泥浆挤压井。泄放油压在见液时关闭采油树泄压通道;正挤入隔离液 10 m^3 ,同时打开 A 环空节流放压,出口见液时关闭 A 环空;正挤入 1.49 g/cm^3 的油基泥浆,同时 A 环空节流正循环,排除混浆;B 环空节流循环,见泥浆停泵;C 环空放压 8.6 MPa 降至 0 MPa;再次进行 A 环空节流循环,A 环空压力 0 MPa,B 环空压力 0 MPa,C 环空压力 0 MPa,D 环空压力 0 MPa。压井完成。

3 结论

塔里木油田库车山前 KEsXX 井地质条件复杂,且在压井过程中井况条件不断恶化多变,不能用常规的压井方法进行压井。采用非常规综合压井技术,快速有效的控制了井控风险,避免了高压气体泄漏同时降低了压井液的污染。

(1)在高压气井采油气现场,为避免储层污染,同时便于现场应急处理,尽量采用气田水或有机盐水进行半压井,降低井口压力,再用泥浆进行压井作业。

(2)对于高压气井井完整性失效且技术套管在

较浅部位有窜漏点,无法快速有效控制井筒,可以结合非常规压井技术并用连续油管配合压井作业,先在油管内建立液柱,再进行节流循环或正反挤压井作业。

(3)综合非常规压井技术在塔里木油田库车山前高压气井作业现场应用良好,在总结常规压井技术的基础上对非常规压井技术进行优化改进,对高压油气井生产现场应急压井处置具有很好的借鉴意义。

致谢:诚挚感谢何银达提供的数据及材料支持。

参考文献

- [1] 吴奇. 高温高压及高含硫井完整性指南[M]. 北京:石油工业出版社,2017:1-2.
- [2] 张桂林,张之悦,颜廷杰. 井下作业井控技术[M]. 北京:中国石化出版社,2006:4-5.
- [3] 吴志均,段德祥,王文广,等. 明格布拉克构造“五高”深井试油测试技术[J]. 油气井测试,2020,29(2):13-20.
WU Zhijun, DUAN Dexiang, WANG Wenguang, et al. The oil test technology for “five high” deep well in Mingbulak structure [J]. Well Testing, 2020,29(2):13-20.
- [4] 孙振纯,夏月泉,徐明辉. 井控技术[M]. 北京:石油工业出版社,1997:4-5.
- [5] 邓乐,黄船,潘登. 安岳气田高温酸性气藏完井技术[J]. 油气井测试,2019,28(1):52-59.
DENG Le, HUANG Chuan, PAN Deng. Completion technology for high temperature sour gas reservoir in Anyue gas field[J]. Well Testing, 2019,28(1):52-59.
- [6] 张世林,陈宝辉,呼桂艳. K13 井的压井设计与施工[J]. 油气井测试,2008,17(4):35-37.
ZHANG Shilin, CHEN Baohui, HU Guiyan. Killing well design and operation to K13 well [J]. Well Testing, 2008,17(4):35-37.
- [7] 袁波,刘刚,王果,等. 高压气井压井方法选择初探[J]. 当代石油石化,2007,15(8):26-28.
YUAN Bo, LIU Gang, WANG Guo, et al. First exploration of choosing well killing methods for HP gas wells [J]. Petroleum & Petrochemical Today, 2007,15(8):26-28.
- [8] 马迎新,宋波,张国强. 非常规井控技术在双 602 井的应用[J]. 石油钻探技术,2000,28(4):4-6.
MA Yingxin, SONG Bo, ZHANG Guoqiang. Application of the unconventional well control technique in Shuang 602 well [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2000, 28(4):4-6.
- [9] 吕选鹏,吴朝明,高立彬,等. 置换法压井工艺技术现场应用[J]. 油气井测试,2017,26(1):49-50,54.
LYU Xuanpeng, WU Chaoming, GAO Libin, et al. Field application of replacement killing well technology [J]. Well Testing, 2017,26(1):49-50,54.
- [10] 郑如森,高文祥,邹国庆,等. 塔里木油田超高压高产气井压井方法初探[J]. 油气井测试,2017,26(6):62-64.
ZHENG Rusen, GAO Wenxiang, ZOU Guoqing, et al. A preliminary discussion on killing well of super high pressure and high production in Tarim Oilfield [J]. Well Testing, 2017,26(6):62-64.
- [11] 范伟东. 塔河油田高压气井压井技术探讨[J]. 化学工程与装备,2014,42(11):140-141.
FAN Weidong. Discussion on well killing technology of high pressure gas wells in Tahe Oilfield [J]. Chemical Engineering & Equipment, 2014,42(11):140-141.
- [12] 刘伟,李丽,木合塔尔,等. 川东北超深水平井压井工艺技术[J]. 石油矿场机械,2010,39(10):89-92.
LIU Wei, LI Li, MU Hetaer, et al. Well killing technology of ultra-deep horizontal well in Northeastern Sichuan [J]. Oil Field Equipment, 2010,39(10):89-92.
- [13] 王瑞娥,汪海阁. 水平井压井方法[J]. 钻采工艺,2005,28(2):11-13.
WANG Rui'e, WANG Haige. The killing method of horizontal well [J]. Drilling & Production Technology, 2005,28(2):11-13.
- [14] 王春生,代平,何斌,等. 浅谈库车山前超深高压气井井控安全与储层保护[J]. 钻采工艺,2015,40(4):28-30,44.
WANG Chunsheng, DAI Ping, HE Bin, et al. Well control safety and reservoir protection of ultra-deep high-pressure gas well in Kuche piedmont [J]. Drilling & Production Technology, 2015,40(4):28-30,44.
- [15] 牛新明,张进双,周号博. “三超”油气井井控技术难点及对策[J]. 石油钻探技术,2017,45(4):1-6.
NIU Xinming, ZHANG Jinshuang, ZHOU Haobo. Technological challenges and countermeasures in well control of ultra-deep, ultra-high temperature and ultra-high pressure oil and gas wells [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2017,45(4):1-6.
- [16] 孙振纯,夏月泉,徐明辉. 井控技术[M]. 北京:石油工业出版社,1997:4-5.
- [17] 袁波,汪绪刚,李荣,等. 高压气井压井方法的优选[J]. 断块油气田,2008,15(1):108-110.
YUAN Bo, WANG Xugang, LI Rong, et al. Optimization of well killing method for high pressure gas wells [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2008,15(1):108-110.

编辑 刘振庆

第一作者简介:郑如森,男,1987 年出生,工程师,2011 年毕业于重庆科技学院资源勘查专业,主要从事井下作业及试油完井作业技术研究。电话:0996-2174241,15199900031; Email:564679117@qq.com。通信地址:新疆库尔勒市石化大道 26 号塔指小区黄楼 C 段 507 室,邮政编码:841000。