

克拉2气田完井工程方案及应用

杨淑珍 彭建云 向文刚 马亚琴 黄琼

(中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院)

杨淑珍等.克拉2气田完井工程方案及应用.天然气工业,2008,28(10):49-51.

摘要 克拉2气田是中国目前最大的整装气田,是西气东输的主要气源地,具有压力系数高、气藏埋藏深、储层厚度大、单井产能高的突出特点,气井完井工艺难度大。为了保证该气田安全、科学、合理地开发,国内外多方研究单位共同完成了克拉2气田完井工程方案的编制。在结合国际大石油公司的先进技术和管理经验及借鉴API RP 90标准的基础上,摸索出一套适合于克拉2气田完井工程方案及气井现场实施完井工艺、高压气井风险评估的方法,对提高克拉2气田的完井工艺水平,具有一定的指导意义。

关键词 克拉2气田 工程 高压 完井 应用

克拉2气田是一个具有弱边底水的背斜块状深层异常高压干气气藏^[1-5],其主力气层为古近系砂砾岩及白垩系大套砂岩(两者为不整合接触)。气藏埋深为3 500~4 100 m,气藏中部温度为100℃,压力为74.3 MPa,压力系数为2.0以上,相应温度梯度为2.4℃/100 m。天然气相对密度为0.565~0.578;甲烷含量为97.14%~98.26%;而CO₂含量为0.55%~0.74%,基本不含H₂S。

一、完井工程方案概要

(1)出砂预测:在正常生产的条件下,储层一般不会出砂。

(2)完井方式:选用套管射孔方式完井,整体完井工艺按20 a不动管柱新思路设计。

(3)油管尺寸:单井日产气 $150 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以下时,稳产流动压力大于45 MPa,选用 $\varnothing 114.3 \text{ mm}$ 油管;单井日产气 $200 \times 10^4 \text{ m}^3$,稳产流动压力大于30 MPa,选用 $\varnothing 139.7 \text{ mm}$ 油管;单井日产气 $250 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上时,选用 $\varnothing 177.8 \text{ mm}$ 油管。

(4)射孔工艺:主体射孔参数推荐用127枪、89弹、30孔/m、90°相位角作为主体射孔参数。负压值为8.5~11.5 MPa。射孔方式选择油管传输方式射孔。射孔后丢枪或起出枪身的主体处置方式。

(5)安全系统:采用整体式套管头,安装地面安全阀及井下安全阀。

(6)主体采气管柱结构:选择 $\varnothing 114.3 \text{ mm}$ 、

$\varnothing 127.0 \text{ mm} + \varnothing 114.3 \text{ mm}$ 、 $\varnothing 177.8 \text{ mm} + \varnothing 114.3 \text{ mm}$ 三种完井管柱,气密闭NS-CT或TM扣。井下工具有井下安全阀、伸缩接头、液压开关循环凡尔、固定式封隔器、带孔传压筛管(留足够过流面积)、双级减震器、射孔枪总成等。要求接触到气体的生产套管、尾管、油管、井下工具采用优质气密封性扣,材质采用13Cr。

(7)腐蚀与防腐:井筒腐蚀主要是初期的凝析水和后期边底水窜入井筒后,CO₂对井筒的腐蚀,防腐措施要选用耐腐蚀不锈钢材质,及采用封隔器密闭油管、套管环空,并加入防腐剂。

二、完井工艺技术应用

克拉2气田至2007年底共完成17口气井的射孔、完井工作,形成了具有该气田特色的采气工艺完井技术。

1. 采用了封隔器及PBR插管双级密封工艺

对主体开发井完井在PBR完井方式的基础上再增加一只永久式封隔器。有效保护回接密封筒,利用回接筒的密封系统对环空形成辅助密封,可以更好地保护生产套管,同时保证封隔器能可靠坐封,确保生产管柱全通径。

2. 采用了模块枪、叠层枪射孔工艺和负压丢枪射孔工艺

克拉2气田 $\varnothing 177.8 \text{ mm}$ 油管生产井中分别应用了HALLIBURTON模块枪射孔、带压捞枪工艺

作者简介:杨淑珍,女,1968年生,高级工程师,硕士;1992年毕业于原西南石油学院,主要从事采气工程方案设计工作。地址:(841000)新疆维吾尔自治区库尔勒市塔里木油田公司勘探开发研究院。电话:(0996)2174314,13899001216。E-mail: yangsz-tnl@petrochina.com.cn

与SCHLUBERGER的叠层枪射孔、丢枪工艺。在备用井、观察井实施负压射孔丢枪一次性完井工艺。

(1) 模块枪射孔、带压捞枪的射孔工艺。克拉2气田4口井采用HALLIBURTON模块枪射孔、带压捞枪的射孔工艺。在确认全部射孔枪引爆并掉入井底以后,根据实际需要用电缆将射孔枪分次打捞出来,最后放喷、投产。这样既实现了负压射孔,井底和管柱上又没有残枪,克服了带枪生产和丢枪存在的弊端。

(2) 模块枪、射孔枪参数。射孔枪:外径为117.5 mm;耐压为138 MPa;孔密为16孔/m;相位为60°;单模块枪长度为7.21 m,重量为263 kg。射孔弹:型号 \varnothing 101.6 mm MILLENNIUM HMX SUPER DP,穿深为1 079.5 mm;孔径为8.9 mm;耐温为121 °C/1 000 h。悬挂器:最大外径为136.5 mm;长度为1.55 m;额定载荷为13 620 kg(300 m模块枪总重量为10 884 kg)。

(3) 叠层枪射孔、丢枪工艺。4口井采用了SCHLUBERGER的叠层枪射孔、丢枪工艺,通过钻杆进行下枪操作,减少了用电缆下枪带来的断电缆的风险。射孔枪:外径为120 mm;耐压为137.9 MPa;孔密为16孔/m,72°相位角。射孔弹:PowerJet 4505 HMX深穿透聚能射孔弹;穿深为1 374 mm;射

孔入口孔径为10.67 mm。 \varnothing 177.8 mm MAXR悬挂器;耐压为137.9 MPa,耐温为205 °C;抗拉强度为57.5 t。

(4) 备用井、观察井负压射孔丢枪工艺。在克拉2气田5口井观察、备用井完善并推广负压射孔丢枪一次完井工艺技术,成功率为100%。采用了射孔枪起爆与弃枪装置分别延时起爆的方式,起爆射孔枪与自动弃枪装置分别延时6 min、10 min,利用不同延时时间来控制井口压力以及射孔起爆与弃枪工作的先后顺序,这样做可以避免由于设计、施工及材料等出现问题导致先丢枪后射孔的误射孔操作。同时,为提高射孔枪起爆的可靠性,设计使用了首尾双起爆的点火方式。

3. 首次在陆上油气田采用大直径生产管柱

(1) 油管:为了满足特大产量的要求,现场实施中7口生产井采用 \varnothing 177.8 mm油管,8口观察备用井及事故处理井采用 \varnothing 139.7 mm油管,2口老井采用 \varnothing 88.9 mm油管。油管及井下工具选择13CRS110材质、VAM TOP HC扣。通过对 \varnothing 177.8 mm、 \varnothing 114.3 mm、 \varnothing 88.9 mm油管生产气井的井口和井底防冲蚀最大产气量计算,由计算结果可知实际产气量均小于该临界值,见表1。由此可以预测克拉2气田气井完井选用的油管尺寸可以满足防冲蚀的要求。

表1 克拉2气田井口、井底防冲蚀最大产量预测表

井号	KL2-1	KL2-12	KL204	井号	KL2-1	KL2-12	KL204		
初期产量($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	308.00	165.00	68.00	初期产量($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	308.00	165.00	68.00		
井口压力(MPa)	55.48	51.56	51.64	井底压力(MPa)	64.83	64.30	65.42		
井口温度(°C)	78.10	72.80	62.50	井底温度(°C)	100.00	100.00	100.00		
油管内径(mm)	154.79	99.56	76.00	油管内径(mm)	154.79	99.56	76.00		
井口防冲蚀最大产气量($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	C=125	515.02	212.99	127.76	井底防冲蚀最大产气量($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	C=125	490.93	203.72	118.84
	C=150	629.19	260.21	156.08		C=150	599.76	248.88	145.18

(2) 永久式封隔器:完井采用10 000 psi(1 psi=6.895 kPa)液压坐封永久式封隔器。

(3) 井下安全阀:开发井采用了油管回收式、地面控制的非平衡式井下安全阀。同时,为确保气井长期安全生产,在油管回收式井下安全阀失效的情况下,在不动管柱时能保证继续生产,另外备用了一套电缆回收式井下安全阀工作筒。

(4) 生产管柱:开发井的完井管柱自下而上结构为:引鞋+密封插管+ \varnothing 177.8 mm SM13CrS-110VAM TOP扣油管+ \varnothing 244.5 mm \times \varnothing 152.4 mm HQL永久封隔器+ \varnothing 177.8 mm SM13CrS-

110VAM TOP扣油管+ \varnothing 177.8 mm油管回收式井下安全阀+ \varnothing 177.8 mm电缆回收式井下安全阀工作筒+ \varnothing 177.8 mm SM13CrS-110VAM TOP扣油管+双公短节+油管。调整井管柱自下而上结构为:筛管+剪切球座+ \varnothing 177.8 mm THT永久封隔器+ \varnothing 114.3 mm 13CrS-110FOX-K扣油管+ \varnothing 114.3 mm 13CrS-110FOX-K扣油管+ \varnothing 88.9 mm油管回收式井下安全阀+ \varnothing 114.3 mm 13CrS-110FOX-K扣+双公短节+油管挂。完井实施中采用的永久式封隔器和井下安全阀的口径都基本与油管一致,确保了生产管柱的全口径。

4. 油管挂提升扣首次采用具有保护作用的结构

常规油管挂提升扣均为母扣,但对高压、高产气井来讲,在长期生产过程中可能会损坏提升扣,从而导致下次作业困难。因此,克拉2气田气井完井时油管挂提升扣首次改用公扣设计。

5. 首次在陆上气井采用 $\varnothing 179.4$ mm HH 级 Y 型整体式井口

井口是高压气井最关键的安全屏障,克拉2气田预测的井口最大关井压力为 63.5 MPa 左右。因此,井口工作压力选择为 10 000 psi。根据防腐标准,当 CO₂ 分压超过 0.21 MPa 时,就必须考虑防 CO₂ 腐蚀。克拉2气田 CO₂ 含量为 0.55% ~ 0.74%,其分压为 59~79 psi;当在天然气中含有水蒸气时,会加剧 CO₂ 腐蚀;同时考虑到克拉2气井将长期在高压下工作,根据井口防腐标准,井口材质选用 HH 级。在选择井口通径时应尽可能保持与油管内径一致,降低高速气体在拐弯处冲蚀影响,尽可能减少井口的泄漏点,同时确保在高产时井口保持平稳,克拉2气田 $\varnothing 177.8$ mm 油管的井口采用了比常规井口体积更小的 $\varnothing 179.4$ mm HH 级 Y 型整体式采气井口,确保了高产量生产时井口平衡、安全。

6. 采用了安全控制系统,确保了异常情况下的及时关井

克拉2气田高压气井安全控制系统由井下安全阀、地面安全阀及控制系统组成。安全控制系统可以实现高、低压关井、火灾关井、现场紧急关井,远程无线紧急关井等功能,可现场或远程调节节流阀的开关。

7. 毛细管测压系统与井口测试相结合

对于高压气井,特别是含腐蚀介质的高压气井来讲,常规试井工艺已无法满足监测条件,且存在一定的安全风险。通过对比多种动态监测手段,克拉2气田推广采用了2套毛细管监测系统,同时开展井口压力监测工艺。对克拉2气田高压气井井口试井,达到常规试井工艺的测试目的,且井口监测易于操作,安全系数高,可以避免常规试井工艺所带来的安全风险。

8. 首次在高压气井开展了风险评估

克拉2气田是西气东输的主力气田,在放喷测试及生产过程中,部分井出现生产套压升高或技术

套压升高的异常情况,特别是2006年完成的4口井(KL2-1、KL2-2、KL2-5、KL2-6井)出现了封隔器失封问题。在结合国际大石油公司的先进技术和管理经验及借鉴 API RP 90 标准的基础上,对克拉2气田各单井开展了静态风险评估工作,特别针对2006年完成的4口井开展了动态评估工作。经过中国石油天然气股份有限公司及塔里木油田公司专家多次评审,经前者批准,这4口井全部先后顺利投产,对安全、高效及合理的开发克拉2气田起到了相当重要的作用,确保了“西气东输”安全平稳的供气。该次高压气井评估工作在我国陆上石油尚属首次实施,国内外也没有成熟的模式可以借鉴,摸索出的一套适合于塔里木油田高压气井风险评估的方法,对今后开展类似的评估工作具有重要意义。

三、结论与认识

克拉2气田17口高压气井的完井施工过程中,主要积累了以下经验:①大直径油管设计可以满足克拉2气田气井生产需要;②安全控制系统安全可靠,可以实现异常情况及时关井;③气井完井工艺设计合理,高压高产气井射孔工艺设计安全可靠;④防腐措施得当,可以确保气井长期安全稳定生产;⑤克拉2气田单井风险评估已获中国石油天然气股份有限公司批准,使2006年底4口气井全部顺利投产,确保了向“西气东输”项目安全、平稳、正常供气。

参 考 文 献

- [1] 彭建云,吴云才,杨淑珍,等.克拉2异常高压高产气田完井工艺技术研究[J].天然气工业,2005,25(12):77-79.
- [2] 李文生.川西高温高压气井完井工艺技术[J].天然气勘探与开发,2004,4(27):25-28.
- [3] 王天祥,朱忠谦.大型整装异常高压气田开发初期开采技术研究——以克拉2气田为例[J].天然气地球科学,2006,7(4):439-444.
- [4] 万仁溥.现代完井工程[M].北京:石油工业出版社,1996.
- [5] 金忠臣,杨川东,张守良.采气工程[M].北京:石油工业出版社,2004.

(收稿日期 2008-08-13 编辑 钟水清)