

大张坨地下储气库注采工艺管柱配套技术

李国韬 刘飞 宋桂华 温庆和

(大港油田集团公司钻采工艺研究院)

李国韬等. 大张坨地下储气库注采工艺管柱配套技术. 天然气工业, 2004; 24(9): 156~158

摘 要 按照储气库注采井的基本要求和张坨地区独特的地面条件及油层压力系数非常低的特点, 设计了具有射孔、试油、注气、采气等多功能的注采工艺管柱。通过方案实施, 具有多种功能的这套管柱均一次成功完成, 施工成功率 100%, 证明了这套管柱的可靠性。它有效地保护了油气层, 克服了常规方案造成二次污染的问题, 具有安全、可靠、实用、免修期长等许多优点, 为今后地下储气库的建设提供了成功先例; 另外, 采气树整体升高方案及地面安全控制系统的设计不仅满足了特殊的泄洪区环境防污染、防火灾的需要, 而且还具有简单、实用、可靠、经济等特点, 为以后开发特殊环境下的油气田提供了指导意义。

主题词 大张坨气田 地下储气库 注采井 工艺管柱 配套工具

一、大张坨地下储气库的特殊要求

储气库注采井同一般的油气井相比, 有许多不同之处。因此, 在进行工程设计中, 必须对这些特殊要求进行考虑, 使之达到储气库注采井的基本要求。

(1) 储气库注采井既是注气井、又是采气井, 具有双重功能。

(2) 注采井的设计要充分考虑到注采流量大的特点, 单井最大日调峰能力不小于 $60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

(3) 储气库注采井的使用寿命长, 注采井最低使用寿命不小于 30 a。

(4) 安全性能要求高, 针对高压气体容易泄露, 易引发火灾的危险, 在设计中要有高度的安全性能设计指标。

(5) 注采工艺管柱要满足储气库地下动态随时监测的要求。

(6) 独特的地理环境要求。大张坨地处天津南部的泄洪区及自然保护区内, 雨水季节一片汪洋, 冬季要么冰冻三尺, 要么芦苇丛生。同时按照防洪法律的规定, 泄洪区内不准堆建诸如人工岛一类影响行洪的大型建筑; 建造钢制人工平台不仅费用极高, 而且建造周期长、施工复杂。因此, 如何保证泄洪区内的注采井既能满足正常生产, 又能实现安全生产, 防止油气泄露, 污染环境, 防止发生任何火灾, 是设计的难题之一。

(7) 特殊油气藏保护的需要。大张坨凝析油气藏是正在开发过程的中后期油气藏, 建库时压力系数仅 0.75 左右 (原始地层压力 28 MPa, 建库时地层压力仅 19 MPa 左右), 而且储层属于高水敏地层, 因此为保证注采井具有较高的产能, 选择优化完井方式, 并避免作业时造成近井地带污染损害, 并优化各种工艺参数, 是整个设计中的重中之重。

(8) 丛式定向井。储气库 12 口注采井, 分两个井组, 各为 6 口井, 全部为定向井, 最大井斜角 30° , 最大井底位移 1200 m, 地面井口间隔 30 m, 这要求在井下工具的选型上、工艺操作的设计上都要满足斜井的需要。

(9) 防腐蚀考虑。陕甘宁来气组分含有一定量的腐蚀性气体, CO_2 含量为 2% 左右, H_2S 含量为 14 ppm, 而且在采气过程中, 产出流体中不可避免地含有微量凝析水。因此在管柱设计中, 要考虑防腐蚀问题, 以延长注采井的免修期。

二、注采井工艺管柱设计的特点及综合配套技术

1. 采气树整体升高及地面安全控制系统

(1) 采气树的设计要求

要选择能够承受高温、高压的气密封井口, 压力

作者简介: 李国韬, 1975 年生, 工程师; 1997 年毕业于石油大学 (北京) 石油工程专业, 现主要从事储气库、试油、完井等方面的研究工作。地址: (300280) 天津市大港区三号院团结路东。电话: (022) 25910394, 13920507390。E-mail: lgt_czh@hotmail.com

等级为 5000 pis^①, 温度等级 PU(-21 ℃~120 ℃)。

1) 闸阀采用气密封性能良好的金属对金属的密封。

2) 油管悬挂在带有钢性密封(金属对金属)的油管头上。

3) 生产套管通过卡瓦悬挂在套管头上, 它们之间有 3 套密封装置(即卡瓦上部的橡胶密封、密封环加注密封脂的主密封、金属对金属的钢性密封), 以保证在特殊环境下的气密封性能良好。

4) 出厂前, 要进行水下采气树整体高压气密封试验, 以确保质量。

(2) 采气树整体升高 2 m

由于地面井口处于泄洪区内, 在无法修建人工岛及钢制平台的情况下, 为防止积水及冬季结冰损坏采气树, 用专门设计的加高装置, 把生产套管及采气树整体升高 2 m。

(3) 地面安全控制系统设计

它主要由控制设备、监测设备、关井设备等组成。主要功能如下。

1) 在发生火灾的情况下, 能自动关井。

2) 当井口压力异常, 即偏离气库运行压超区间时将自动关井。

3) 采气树遭到人为毁坏和外界因素破坏时能自动关井。

通过上述的设计, 可满足大张坨气田特殊地面环境和安全生产的需求。

2. 具有射孔—试油、试采—完井生产等多种功能一次完成的工艺管柱

多功能管柱主要由射孔管柱部分, 测试用管柱部分, 不压井作业管柱部分及注采管柱组成, 它的具体配套工具及作用见后述。

多功能管柱的特点如下。

(1) 射孔工艺与注采工艺管柱联座, 一次完成, 保护油气层避免二次污染

大张坨凝析气藏压力系数非常低, 仅 0.75 左右, 如果射孔后压井, 压井液必然污染气层, 而且这种污染伤害有时是无法恢复的。采用一次完成管柱, 油管传输负压射孔后, 利用钢丝作业, 把射孔枪部分丢入井底口袋中, 上部管柱作为注采及测试管柱。在注采管柱的下端, 有一个与堵塞器配合的工

作筒, 它与封隔器一起构成后期修井的不压井作业装置, 可以在保护油层的条件下, 更换封隔器上部的管柱。

(2) 能满足动态实时监测的需要

对于储气库工程, 实行动态监测十分必要, 目的是判断气库的运行状况及库容量的变化。该工艺管柱上配套了测试用的坐落短节, 并在其上设计了带孔管, 以保证测试工作进行时, 能测量到真实流量下的各种动态参数, 并具有方便、可靠的特点。

(3) 进行套管保护、保证注采井使用寿命达到 50 年左右

为了延长注采井的使用寿命, 防止气窜, 确保井下安全, 在注采管柱中配套封隔器, 其位置在油层以上附近, 尽可能的保护套管, 使其免受高温、高压状态。为保证工艺的可靠性, 选择使用了适合于斜井条件、永久类型的封隔器。而且整个油管柱使用进口的气密封油管代替 API 丝扣油管, 在油套的环形空间中, 充满了保护套管和油管外壁的环空保护液, 保护液对 N80 和 P110 试片的腐蚀速率分别降低 0.0035 mm/a、0.0007 mm/a, 满足设计要求, 为储气库的使用目标提供了必要的条件。

(4) 注采管柱具有伸缩功能, 能承受不同状态的交变应力

由于储气库注采井具有注气和采气双重功能, 并且注采管柱下部已采用封隔器固定, 不同工作状态时, 井筒内温度场和压力场的变化, 将引起管柱承受交变的额外附加应力, 严重时破坏管柱及两端的固定密封结构, 该注采管柱具有自由伸缩(3 m)的功能, 改善了管柱的受力状态, 加强了管柱的安全性, 并可延长油井的免修期。

(5) 注采管柱具有很高的安全性能

储气库注采井特殊的需要和天津泄洪区的独特的地理环境, 都要求注采管柱具有很高的安全性。在管柱设计中, 采用了油管起下地面控制的井下安全阀, 该安全阀能在采气树被毁坏时或地面出现异常情况时, 自动在井下关井。另外, 各种配套工具的连接及油管连接全部选用气密封丝扣。

(6) 具有一定的防腐蚀能力

注采工艺管柱的油管材质全部采用日本进口的 SM80S 油管, 它对于腐蚀性气体有一定的防腐蚀性。

①注: 1 pis=0.0069 MPa, 下同。

配套工具的内部流道及关键部件材质最低采用 9Cr—1Mo, 耐腐蚀。它同套管环空内充满保护液一起, 共同构成防腐体系, 延长注采井的免修期。

总之, 储气库注采工艺管柱配套技术充分考虑了各方面因素, 采用了多功能联座的一次完成管柱, 现场实施效果良好, 具有安全、经济、有效的特点。

三、主要配套工具特点及作用

1. 气密封丝扣的防腐油管

油管尺寸选择 3.5 英寸规格, 其规格尺寸, 既能保证最高产量条件不会对油管及配套工具产生冲蚀作用, 又能保证有效携液, 不会造成井底积液, 同时抗挤毁强度, 抗内压屈服强度、丝扣连接屈服强度都能满足设计要求。

2. 井下安全阀

它是确保气井安全生产的重要设备, 能在需要或意外事故时自动关井。具有以下特点: ①油管起下地面控制类型安全阀具有自平衡功能; ②开关井操作方便简单; ③具有永久打开功能; ④最小通径 $\varnothing 72$ mm, 一般处于井下 100~300 m。

3. 井下封隔器

保护套管免受高压高温状态, 与其下部的堵塞器工作筒一起形成后期修井的不压井装置。

选用永久类型的封隔器。主要特点: ①液压坐封方式适用于斜井及大斜度井, 且坐封简单可靠; ②双向整体式卡瓦, 可以承受双向压差, 适用于注采井; ③密封元件, 抗腐蚀, 可抗压差 10000 psi; ④上下密封筒一体式结构, 最小内径大于同尺寸油管内径, 适用于大尺寸油管完井。

4. 循环滑套

在完井及生产过程中可实现负压射孔的气举掏空, 封隔保护液的替换, 洗井的功能。

选择钢丝作业开关式滑套。主要特点: ①具有双向开关的选择; ②非弹性密封, 在多次开关情况下仍可正常工作; ③内部有各种形式的锁定剖面, 可与各种流动控制工具配套使用。

5. 膨胀伸缩管

使管柱具有自由伸缩的功能, 消除管柱不同工作状态下的额外附加应力, 改善管柱的受力状态。

选用伸缩量为 3 m 的膨胀伸缩管。主要技术特点: ①可以传递扭矩; ②可以以不同的状态入井(打开、半打开、关闭); ③具有同尺寸油管通径。

6. 锚定密封总成

用于连接气密封丝扣油管和永久类型的封隔器, 它起着脱节、锚定和密封的作用。

7. 工作筒

在管柱设计中, 使用了两个工作筒, 上工作筒主要用来座堵塞器, 以实现上下两端的压力隔绝。下工作筒主要是用来悬挂生产测试中的仪表达到测温、测压的目的。

8. 射孔管柱的主要工具

射孔枪: 采用 127 枪, 超深穿透射孔弹。

丢枪头: 采用机械丢枪装置把射孔枪丢入井底口袋。

平衡隔绝工具: 为封隔器以下管柱提供循环通道、并防止机械杂质沉积于点火头, 影响点火成功率。

三、现场实施效果

(1) 通过方案实施, 具有多种功能的这套管柱均一次成功完成, 施工成功率 100%。证明了这套管柱的可靠性。它有效地保护了油气层, 克服了常规方案造成二次污染的问题, 为以后储气库注采井的设计提供了成功范例。

(2) 采气树整体升高方案及地面安全控制系统的设计不仅满足了特殊的泄洪区环境防污染、防火灾的需要, 而且更具有简单、实用、可靠、经济等特点, 为以后开发特殊环境下的油气田提供了借鉴。

(3) 射孔工艺参数设计合理, 尤其是超深射孔弹的使用, 为确保注采井有较高产能提供了保证。初步测试求产, 达到了预期目标 ($80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)。

(4) 井下工具、油管、采气树均一次试压合格, 投产运行后套压为 0, 表明了井下工具、油管、采气树都具有良好的气密封性能, 满足储气库的安全需要。

(5) 温度场预测误差小于 5%; 压力场预测误差小于 3%, 为地面集输工艺设计提供了可靠依据。

(6) 各项安全措施设计均达到了世界先进水平。

大张坨地下储气库注采工艺管柱配套技术的攻关研究及成功实施是集体智慧的结晶, 它得到了上至中国石油天然气集团公司领导, 下至普通参战职工的指导和支持, 在此表示衷心地感谢!

(收稿日期 2004-07-04 编辑 居维清)