

金坛地区采卤井改造为储气井的固井技术^{*}

袁进平^{1,2} 齐奉忠² 田中兰² 路立君² 黄威³

(1. 中国石油大学石油工程教育部重点实验室·北京 2. 中国石油天然气集团公司钻井工程技术研究院

3. 中国石油吉林油田公司勘察设计院)

袁进平等. 金坛地区采卤井改造为储气井的固井技术. 天然气工业, 2008, 28(7): 52-54.

摘要 江苏金坛盐穴储气库6口采卤井改造为储气井的配套工程, 针对该地区的地质特点、固井难点及西气东输对固井质量的要求, 筛选出了具有良好抗盐性能的水泥浆体系, 制定了建立人工井底的技术方案, 形成了一整套适合该地区已有采卤井固井的配套措施。综合应用上述技术后, 现场共施工6口井, 经CBL/VDL测井及腔体密封性试压等4个环节的检测, 均表明固井质量合格, 盐层段固井质量优质, 能满足以后储气的需要。

关键词 盐穴储气库 盐水水泥浆 完井 套管 固井质量

西气东输金坛盐穴储气库6口已有采卤井改造为储气井是西气东输的配套工程, 改造的目的是为了保证长江三角洲地区的应急供气。在盐穴储气库的各项工程作业中, 固井质量与储气库的寿命及长期安全运行紧密相关。特别是金坛地区, 经济发达, 人口稠密, 水网密布, 一旦发生天然气泄漏, 后果不堪设想, 可以说固井质量是盐穴储气库的“百年大计”, 是钻完井工程各项作业中最为重要的作业之一。已有采卤井改造首先要将井内原有的 $\varnothing 139.7$ mm套管套铣出来, 采用扩眼钻头进行扩眼, 然后建立人工井底, 最后下入 $\varnothing 244.5$ mm套管进行固井。

一、金坛地区已有采卤井固井的特点及难点

(1) 已有采卤井下部为 $15 \times 10^4 \sim 18 \times 10^4$ m³的盐腔, $\varnothing 244.5$ mm套管固井前需要建立人工井底, 固井施工时危险因素多, 保证安全施工的难度大。

(2) 已有采卤井固井前先要将 $\varnothing 139.7$ mm套管套铣出来, 然后采用 $\varnothing 311.15$ mm领眼式钻头扩眼, 扩眼后井径不规则(西1井平均井径扩大率为60%, 400~800 m井段平均为120%), 由于上部玄武岩地层低压易漏, 完钻后钻井液密度高, 固井时不允许采用大排量顶替, 提高顶替效率困难。

(3) 为保证盐腔顶部5~15 m盐层段的固井质

量, 需要采用盐水水泥浆固井, 国内缺乏针对浅层盐层固井的水泥外加剂, 在如此浅的井中采用盐水水泥浆固井在我国尚属首次。

(4) 与油气井不同, 随着生产的运行, 油气井下压力逐渐降低, 而储气库井储气后压力周期性变化(已有采卤井运行压力最高为14.5 MPa, 最低为4.5 MPa), 水泥石要长期承受交变应力的影响, 对水泥环的胶结质量及长期密封性能要求高。

(5) 储气库井运行时间比油气井运行时间(一般为10 a左右)长, 储气库井要求安全运行30 a, 西气东输提出储气库井要安全运行50 a。因此, 对固井质量及水泥环长期密封性能提出了更高的要求。

二、已有采卤井固井技术对策分析

从上述分析可以看出, 盐穴储气库已有采卤井固井与常规油气井固井有很大区别, 难度大, 要求高, 特别是人工井底建立技术及水泥环的长期密封性能。因此, 对固井施工的各个环节提出了更高的要求。要保证已有采卤井的固井质量, 保证固井施工的安全, 需要采取以下技术措施:

(1) 建立质量可靠的人工井底, 保证固井前及固井过程中钻井液及水泥浆不会漏入盐腔中, 保证套铣、扩眼及固井施工的安全。

(2) 筛选适合浅盐层固井的抗盐水泥浆体系, 保

^{*} 本文受到中国石油天然气股份有限公司西气东输管道分公司“西气东输地下储气库(金坛)固井技术研究”项目(编号: XQSGUS055)的资助。

作者简介: 袁进平, 1969年生, 高级工程师, 博士研究生; 从事油气田钻井完井技术研究工作。地址: (100097) 北京市海淀区四季青镇北坞村路甲25号静芯园K座钻井完井所。电话: (010) 52781893。E-mail: yjpdri@cnpc.com.cn

证盐层段及盐层以上井段的胶结质量,固井过程中水泥浆对盐层的冲蚀小。大尺寸不规则井眼长封固段条件下提高顶替效率的技术措施。

(3)固井顶替过程中上部地层综合防漏技术,既防止水泥浆漏入盐腔,同时又防止上部玄武岩地层发生漏失,保证水泥浆顺利返至井口。

三、已有采卤井人工井底建立技术

1. 固井前井眼准备

(1)分1~3次切割腔上 $\varnothing 139.7$ mm 套管,使之落入腔体,最后一次切割后,腔内剩余套管长度为10 m 左右。

(2)下丢手桥塞,下入位置在腔体顶部以下5 m 左右。采用 $\varnothing 220$ mm 铣管将井下 $\varnothing 139.7$ mm 套管分布套铣出来,套铣至盐腔以上2~3 m。

(3)采用 $\varnothing 311.1$ mm 领眼式钻头扩眼。

2. 打水泥塞,建立人工井底,进行固井施工

(1)采用早强微膨胀饱和盐水水泥浆打水泥塞,建立人工井底,水泥浆量控制在环空高度30~40 m,候凝24 h。

(2)下入 $\varnothing 311.15$ mm 钻头钻水泥塞,最后保留3~5 m 的水泥塞。

(3)对盐腔顶部水泥塞进行承压检验,确保水泥塞质量可靠。在确认水泥塞质量可靠的情况下,下套管,然后进行固井施工。

四、盐穴储气库已有采卤井抗盐水泥浆体系

1. 盐穴储气库已有采卤井固井水泥浆选用原则

(1)能配成设计密度的水泥浆,具有良好的流动性,适宜的初始稠度,浆体稳定性好,现场施工时水泥浆起泡性小。

(2)选择的外加剂要求配伍性好,对水泥浆的综合性能特别是长期胶结性能影响小。

(3)水泥浆体系具有良好的抗盐性能,同时盐水水泥浆的整体性能好,固井过程中水泥浆对盐层的冲蚀小。水泥石具有长期的强度稳定性,能承受长期交变应力的影响,在长期交变应力条件下,能保证环空不发生气体泄漏。水泥浆综合成本低,现场操作性强。

2. 水泥浆中含盐量确定及含盐水泥浆的冲蚀特性

(1)水泥浆中含盐量的确定。盐对水泥浆的影响十分复杂,在不同的盐浓度、不同温度环境下,会使水泥浆产生分散、密度升高、闪凝、促凝、缓凝或稠

而不凝等不同效应^[1]。在低含量时会缩短水泥浆的稠化时间,增加水泥石的抗压强度;而盐含量大于20%后,会大大延缓水泥浆的稠化时间,降低水泥石的抗压强度;当盐掺入量接近饱和时,水泥石早期抗压强度会大大降低。一般水泥浆的水灰比为0.44,而水泥水化的需水量为0.28,不参与水化的游离水为0.16,只要水泥浆的盐掺入量大于13.5%就可以保证游离水的盐含量达到饱和。盐在溶液中的体积小于盐结晶时的体积,盐水水泥浆凝固后水泥石渗透率低,并具有微膨胀作用,能较好地保证第一界面及第二界面的密封^[2]。水泥浆含盐量高,水泥浆配方难调,稠化时间长,过渡时间长,早期强度损失大,现场施工难度大。综合考虑饱和盐水水泥浆、含盐水泥浆及淡水水泥浆的优缺点后,经过大量室内试验,确定水泥浆的含盐量为15%~18%。

(2)含盐水泥浆的冲蚀特性。为了验证盐水水泥浆对盐岩的溶解速率,在室内开展了不同含盐量在不同顶替速度下的冲蚀试验。从分析可以看出,饱和盐水水泥浆与20%的盐水水泥浆在环空返速小于1 m/s 时对盐层的冲蚀很小。以西2井为例,下部盐层段井径扩大率按5%计算,注水泥过程中盐层段环空返速为0.59 m/s(水泥浆注入速度1.3 m³/min),替浆时环空返速为0.81 m/s(替浆速度1.8 m³/min),替浆后期盐层段环空返速为0.40 m/s(替浆速度0.9 m³/min)。在含盐量为18%时,注水泥及替浆过程中,对盐层的溶解速率很低,基本不会影响水泥浆与盐层的胶结。

3. 已有采卤井抗盐水泥浆体系

满足金坛地区盐穴储气库固井的水泥浆体系,要求抗盐性好、水泥石早期强度高、微膨胀、稠度适宜,浆体长期稳定性好,和钻井液及隔离液具有良好的相容性。经过多次室内试验,筛选出了JSS聚合物抗盐水泥浆体系,并在现场进行了成功应用。确定的水泥浆配方为:G级水泥+15%~18%盐水+3.0%~4.00% JSS降失水剂+1.5%~2.0% FSS分散剂+0.1% D50消泡剂。

五、金坛地区已有采卤井固井配套技术措施

1. 提高顶替效率的措施

(1)完钻前钻井液性能符合设计要求,井底无沉砂,保证钻井液的清洁,裸眼段无阻卡和漏失。

(2)扶正器按设计加入,井底以上150 m 井段每根套管加一只扶正器,500~800 m 井段每2根套管

加一只,500 m 以上井段每3根套管加一只,在“大肚子”井段加入旋流扶正器,切实保证套管在井内有较高的居中度。

(3)固井前充分循环钻井液^[1-5],根据井下情况充分调整钻井液性能,做到低黏低切,增加流动性,降低替浆时的环空压耗,钻井液黏度小于90 s。

(4)冲洗液采用饱和盐水体系,一方面减小对盐层的冲蚀,另一方面增加在低返速下的紊流特性,用量控制在环空高度为300 m。采用密度为1.50~1.60 g/cm³的低密度水泥浆作为隔离液。

采用上述的技术措施,切实保证了在大尺寸不规则井眼条件下顶替效率的提高,通过VDL(变密度测井)固井质量检测表明第二界面胶结良好。

2. 综合防漏技术措施

(1)固井前进行大排量洗井,验证上部地层的承压能力,根据电测井径确定合理的洗井排量,控制返速在1.0~1.2 m/s。充分循环钻井液,根据井下情况调整钻井液性能,降低黏度与切力,增加流动性。冲洗液采用饱和盐水体系,密度为1.19 g/cm³。

(2)采用三段制水泥浆,低密度前导浆密度为1.50~1.60 g/cm³,中间浆密度为1.85~1.90 g/cm³,尾浆密度为1.90~1.95 g/cm³。注水泥排量控制在1.0~1.3 m³/min,开始替浆排量控制在1.5~1.8 m³/min,碰压前排量控制在0.6~0.9 m³/min,采用水泥车碰压。

采用上述措施,既防止了下部水泥浆的漏失,又防止了上部玄武岩地层的漏失,保证了水泥浆顺利返至井口。

六、在采卤井西2井现场的应用

1. 西2井的基本情况

西2井开采的时间为8 a,下部溶腔容积约为 16.00×10^4 m³,盐层埋深925.2~1 065 m,腔顶盐层厚度11.9 m,∅339.7 mm 套管下深90.22 m,∅311.2 mm 钻深933.5 m,∅244.5 mm 套管下深931.2 m。

2. 固井施工过程

(1)注饱和盐水前置液10.0 m³,排量为1.0 m³/min。

(2)注低密度前导浆10.0 m³,排量为1.0 m³/min,水泥浆平均密度为1.60 g/cm³。

(3)注中间浆25.0 m³,排量为1.0 m³/min,水泥浆平均密度为1.86 g/cm³。注尾浆20.0 m³,排量为1.0 m³/min,水泥浆平均密度为1.94 g/cm³。

(4)停泵,释放胶塞,水泥车替压塞液2.0 m³,排量为1.0 m³/min。开泵替钻井液28 m³,开始时排量为1.5 m³/min,逐渐将排量升至1.8 m³/min左右,井口见低密度水泥浆返出后降低泵排量至1.5 m³/min以下,碰压前6.2 m³改用水泥车替浆,排量控制在0.6~1.0 m³/min。

3. 固井质量检测及试压

72 h后采用CBL/VDL进行固井质量检测,水泥浆返至地面,盐层段声幅0~3%,盐层以上井段声幅基本在15%以内,第二界面胶结良好,全井固井质量好。

七、认识及结论

(1)采用先下入丢手桥塞,配合采用高早强微膨胀水泥浆打水水泥塞建立人工井底的方法,保证了套铣及固井施工的顺利进行。

(2)半饱和盐水水泥浆对盐层的冲蚀小,浆体综合性能好,水泥浆配方易于调节。JSS抗盐水泥浆具有抗盐性好、高早强、稠度适宜、浆体稳定性好等特点,能达到盐穴储气库固井的各项技术要求,现场易于调节。采用饱和盐水冲洗液、低密度水泥浆,并配合套管居中等措施,提高了在“大肚子”及不规则井段的顶替效率。采用三段制水泥浆并配合施工过程中不同的顶替排量控制,防止了水泥浆在上部井段的漏失,保证了水泥浆返到井口。

参 考 文 献

- [1] 张德润.固井液设计及应用[M].北京:石油工业出版社,2000.
- [2] 刘崇建.油气井注水泥理论与应用[M].北京:石油工业出版社,2001.
- [3] 崔立宏.大张坨地下储气库建设方案[J].西南石油学院学报,2003,25(2):76-79.
- [4] 贺成才.偏心环状管流的数值模拟[J].西南石油学院学报,2003,25(1):77-79.
- [5] 王贵.高温高压水基钻井液静态密度研究[J].西南石油学院学报,2007,29(5):97-99.

(收稿日期 2008-01-13 编辑 钟水清)