



NANDONGYONG CHULIANG KAICAI
JISHU LUNWENJI

难动用储量开采 技术论文集

阎洪涛 主编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

难动用储量开采技术论文集

阎洪涛 主编

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

难动用储量开采技术论文集/ 阎洪涛主编. —北京:
中国石化出版社, 2016. 5
ISBN 978-7-5114-4025-9

I. ①难… II. ①阎… III. ①石油开采-文集
IV. ①TE35-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 100777 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 31.5 印张 700 千字

2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

定价:128.00 元

《难动用储量开采技术论文集》

编 委 会

主 编：阎洪涛

副主编：沈 琛 吴 奇

成 员：徐文江 薄启炜 杨能宇

赵崇镇 熊春明 孟宏渠

前 言

石油作为一种重要的能源，是保障国家政治和经济安全的重要战略物资。随着石油资源的不断开采，我国的石油储量、产量已进入了稳定期，后备储量中低渗透、特低渗透和稠油逐渐增高，资源品质下降、开发对象复杂化已成为油气勘探开发面临的新常态。由于开采的难度，特别是技术经济性限制，这些油藏的开发面临着极大的困难，储量有效动用程度受到很大制约，这是我们面临的一个战略性课题，特别是在低油价环境下，新的开发技术和理论急需突破。

为了实现难动用储量的有效开发，各公司做了大量工作，在持续研究和开发试验探索过程中，取得了一些重要的经验和理论成果。为了及时总结这些技术经验，引导更多人关注难动用储量开发，并进行广泛的研讨和试验，不断推进开发实践和开发理论的发展、丰富与成熟，我们编写了《难动用储量开采技术论文集》。本书旨在探讨难动用储量经济有效开发的技术方法和思路，起到承前启后、抛砖引玉的作用，一些观点可能有不妥之处，加之作者水平有限，不足之处望读者批评指正。

本书内容主要涵盖了我国采油工程领域近几年在高含水、低渗透、稠油等难动用储量开采中，以降本增效为核心目标，在机械采油、储层改造、调剖调驱、热力采油、化学驱油和井下作业等方面取得的技术成果和典型案例。

在本书编写过程中，得到了中国石油学会采油工作部、中国石油、中国石化和中国海油等各单位和领导的大力支持和帮助；在资料收集和整理过程中，得到了全体论文作者的大力支持，在此表示衷心感谢！

目 录

一种煤层气井快速恢复产能的不动管柱可洗井工艺·····	(1)
海水压裂液体系研发及连续混配压裂技术新工艺介绍·····	(5)
低浓度胍胶压裂液体系在鄂尔多斯盆地致密砂岩气压裂中的应用·····	(11)
水平井分段压裂工艺管柱及关键工具研制·····	(16)
高温泡沫防窜体系在渤海 L 油田应用适应性研究 ·····	(24)
海上稠油热采技术的多专业协同与应用·····	(30)
增产支持船可行性设计方案探讨·····	(40)
海上低渗油气田储层保护技术研究·····	(47)
保护低渗油气藏的钻完井液技术·····	(54)
中国近海低渗油藏在生产井 MRC 储层改造技术创新与实践 ·····	(62)
文昌疏松低渗储层完井与增产技术应用及探讨·····	(69)
海上油田水平井“调驱 + 热采”提高采收率技术及其矿场应用 ——以渤海 NB35 - 2 油田为例 ·····	(75)
轮台凝析气田注氮气解水锁实践与认识·····	(90)
塔河油田奥陶系油藏胶质沥青质防治技术与应用·····	(97)
稠油电泵及配套技术的研制及应用·····	(107)
二氧化碳干法压裂技术在盐间油藏的应用探讨·····	(114)
涪陵页岩气连续油管完井管柱技术探讨·····	(121)
遇水自膨胀封隔器的研制与应用·····	(130)
可反复开关滑套分段压裂工具关键技术研究·····	(138)
水平井裸眼预置滑套分段压裂工具在鄂尔多斯盆地的应用·····	(146)
薄互层低渗透油藏分层(段)压裂工艺技术研究 ·····	(155)
国外低渗油气藏完井技术应用探析·····	(163)
基于三维储层模型的非均质低渗透储层层系调整研究·····	(170)
水平井分段压裂多级投球装置研制·····	(175)
特超稠油油藏水平井蒸汽驱油物理模拟实验和关键地质控制因素研究·····	(181)
撬装式污水生化处理装置在难动用储量开发注水中的研究与应用·····	(197)
易取式多层压裂管柱研究与应用·····	(206)

安棚深层系致密砂岩水平井大温差固井技术·····	(215)
提高压裂有效缝长工艺技术研究及应用·····	(222)
致密气藏水平井泡沫排水采气流型实验研究·····	(231)
致密砂岩气藏非均衡开采理论在川西气田应用·····	(237)
井下涡流工具携液机理及影响因素研究·····	(246)
创新工艺技术——提升低渗透油藏产油能力·····	(254)
低渗储层压裂技术在胡庆油田的应用及发展·····	(269)
超稠油降黏工艺配套技术在文中-文东油田的应用·····	(278)
稠油井下原位改质降黏技术研究进展·····	(284)
空气泡沫/表面活性剂复合驱技术研究及应用·····	(292)
萨南开发区某过渡带试验区块对应压裂工艺优化·····	(297)
零外排环保压裂液技术研究及应用·····	(304)
超长冲程抽油机采油技术·····	(310)
水力喷射径向打孔挖潜结合水力压裂技术在低渗透油田的应用·····	(313)
纳米膜润湿酸化解堵技术在低渗透油田的研究与应用·····	(317)
低渗透油藏高含水层堵压控水增产技术研究·····	(323)
高温、高盐油藏用调堵剂及相关技术研究·····	(330)
超稠油化学降黏技术研究与应用·····	(337)
一种适用于高温低渗碳酸岩气藏的凝胶堵水剂研发·····	(344)
水平压裂缝导流作用下的油藏数值模拟方法·····	(349)
活性大分子降黏剂的设计、合成与性质研究·····	(357)
稠油油藏泡沫油流动机理研究现状及展望·····	(363)
煤层气相对渗透率动态变化与影响因素定量分析·····	(373)
低渗、特低渗透油藏分层采油技术实践与认识·····	(380)
长庆低渗透油田水平井机械找堵水技术研究与应用·····	(389)
抽油机井减载提效技术研究与应用·····	(400)
大通径快钻桥塞的研制与应用·····	(407)
长庆低渗透高矿化度油藏本源微生物驱油实验研究·····	(414)
数字式分注工艺技术研究与应用·····	(420)
井下微地震监测技术在新疆昌吉油田致密油应用与分析·····	(429)
潜油直驱螺杆泵试验浅析·····	(437)
大修加固技术应用效果探讨·····	(446)
致密油藏空气泡沫提高采收率及注采参数实验研究·····	(455)
低渗透油藏桥式同心分层注水技术研究与应用·····	(469)
套管滑套分层压裂工具研制与应用·····	(476)
西南页岩气压裂液应用及评价·····	(489)

一种煤层气井快速恢复产能的 不动管柱可洗井工艺

沈 琼 杨万有 郑春峰 赵景辉 李 昂 付 利

(中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司)

摘 要 煤层气井修井时, 需要关井, 导致地层压力恢复, 井筒静液面快速上升; 当修井结束, 恢复生产时, 首先进行井筒内液面的排采, 井筒内液面恢复到生产之前需要一定的排水周期, 产生无效排水时间, 增加作业成本; 同时煤层气开采中常常伴随着煤粉的采出, 煤粉经常导致管孔堵死或大颗粒进入泵内, 造成卡泵停产, 出现煤粉沉积后, 常规洗井方式会造成煤层污染, 且无法有效解除煤粉沉积问题。针对上述问题, 开发了一种煤层气井快速恢复产能的不动管柱可洗井工艺, 节约了作业时间和作业空间, 降低了生产成本, 满足了现场的急需。

关键词 快速恢复产能 可洗井 不动管柱

0 引言

煤层气是指储存在煤层中以甲烷为主要成分, 以吸附在煤基质颗粒表面为主, 部分游离于煤孔隙中或溶解于煤层水中的烃类气体, 是煤的伴生矿产资源, 属非常规天然气。煤层气在开始产气之前先要排出煤层中大量的水, 这与煤储层的独特性质有关。煤层中天然裂隙通常被水饱和, 煤层气吸附在煤上。要采出煤层气, 首先要让它从煤中解吸出来。只有抽出足够的水, 煤层压力降至解吸压力后, 煤层气的解吸才能开始。

煤层气排采初期, 一般产水量较大, 基本不产气, 使用人工举升设备将井底液体带到地面, 实现排水降压。随着井下水的排出, 井筒附近压力下降, 逐渐有气体解吸产出。进入排采中期后, 井筒附近压力下降到一定程度后, 产气量逐渐升高并保持稳定。排采过程中常常伴随着煤粉的采出, 煤粉经常导致管孔堵死或大颗粒进入泵内, 造成卡泵停产, 出现煤粉沉积后, 常规洗井方式会造成煤层污染, 且无法有效解除煤粉沉积问题。煤粉导致卡泵停产, 需要进行停井检修后, 由于地层压力恢复致使产液面上升, 在完成修井后, 恢复生产时, 处于一直排水期, 井筒内液面降到修井前产液面水平需要一定时间, 该时间属于无效排水时间, 增加作业成本。

本文针对上述问题进行研究, 重点解决了2个问题: ①常规洗井方式造成煤层污染的问题; ②修井后排水时间长的问題。

1 工艺技术原理

1.1 管柱结构

该工艺主要由丢手管柱和生产管柱组成。丢手管柱从下往上由丝堵、沉砂管、筛管、板阀和悬挂封隔器等组成；生产管柱从下往上由中心管、定位密封、单流阀、带孔管、泵筒和油管等组成。

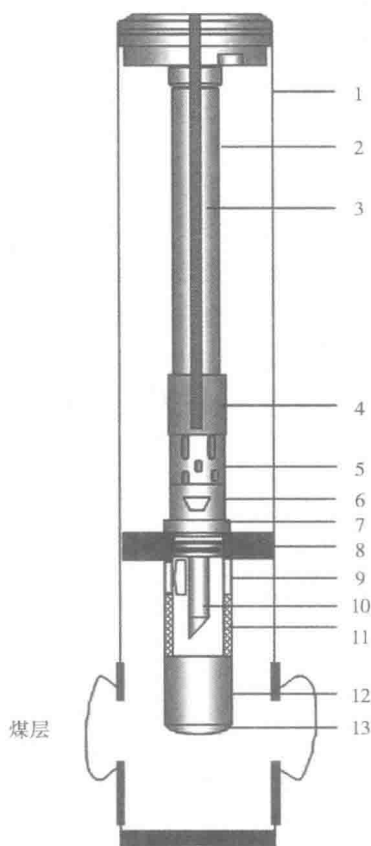


图1 一种快速恢复产能的不动管柱可洗井工艺原理图

- 1—套管；2—油管；3—抽油杆；4—螺杆泵泵筒；
5—带孔管；6—单流阀；7—定位密封；
8—悬挂封隔器；9—板阀；10—中心管；
11—筛管；12—沉砂管；13—丝堵

1.2 工艺原理

该工艺通过丢手管柱和生产管柱组合的方式实现，丢手管柱起封堵的作用，当执行修井作业起出生产管柱时，此时丢手管柱关闭生产通道，限制地层液进入丢手管柱的上部套管，防止由于地层压力恢复造成井筒中的液面上升。当完成修井后下入生产管柱后，生产管柱与丢手管柱对接配合，开启生产通道，恢复生产。由于丢手管柱限制修井过程中井筒液面的上升，从而减少无效排水时间，使其快速恢复到修井前的产能，降低排采成本并提高累计产气量。

当生产一段时间后，由于煤粉在井下、泵筒和油管中产生堆积，为防止煤粉将泵卡死，此时需要进行清洗，通过油套环空注入洗井液，由于悬挂封隔器、定位密封和单流阀的作用，限制洗井液进入地层，可防止煤层被污染，起到保护地层的作用。洗井液从带孔管进入到泵筒，实现对泵筒的清洗，再通过油管返出到地面，实现煤层气井的不动管柱可洗井作业(图1)。

1.3 技术特点

- (1) 适用于排水降压和稳定生产阶段；
- (2) 实现煤层气井修井后快速恢复产能；
- (3) 通过定期清洗泵筒，达到防止煤粉卡泵的目的；
- (4) 施工方便，作业成本低；
- (5) 降低排采成本并提高累计产气量；
- (6) 与现有排采工艺实现无缝结合。

2 施工工艺

2.1 前期准备

在进行工艺管柱施工前,进行通井作业。在悬挂封隔器下入深度多次上下活动,为悬挂封隔器顺利下入和坐封准备;通井过程中,如遇阻悬重下降,应上下活动,查明下入深度,严禁猛放和硬压;通井管柱在井内遇卡,活动管柱和冲洗无效的情况下,应起出管柱,下铅模或测井进行调查。

2.2 丢手管柱下入

连接油管 and 丢手管柱,限速匀速下钻,控制在 15~20 根/小时。管柱到遇阻点前,降低管柱下放速度。管柱到位后,投入钢球,注水加压,按悬挂封隔器设计压力打压坐封。坐封后,通过油套环空打压,验证悬挂封隔器的密封性能。接着进行悬挂封隔器的丢手作业,按设计压力打压,完成其丢手。丢手管柱脱手后,下放油管 2T,进行多次测试,测试悬挂封隔器的卡瓦的坐卡性能,若每次油管下放深度都一致,说明悬挂封隔器坐卡合格,起出油管。

2.3 生产管柱下入

按生产管柱组合方式从下往上依次连接下入,限速匀速下钻,控制在 15~20 根/小时。生产管柱抵达丢手管柱前,降低管柱下放速度,便于中心管准确进入到丢手管柱内,开启板阀。生产管柱到位后,逐渐减小管柱悬重至零,从油套环空打压,验证定位密封和悬挂封隔器之间的密封性能。

3 现场应用

2015 年 4 月,该工艺于 QYN1-12V 井成功进行了现场应用。QYN1-12V 井自从投产以来,检泵频繁,平均检泵周期 75 天,尤其在流压较低阶段,煤粉产出较多,导致泵故障率较高。频繁检泵致使压力波动较大,煤层压力只短暂下降到临界解吸压力,产气量较少,排采时间较长,严重影响了排采的连续性和稳定性。该工艺实施后,于 2015 年 8 月份进行一次修井作业,修井后产能恢复时间较之前缩短了 10 天左右。

4 结论

- (1)通过现场应用表明,该工艺技术能解决了目前煤层气井修井后产能恢复慢的难题。
- (2)该技术通过目前石油行业常规工具悬挂封隔器、定位密封和单流阀等组合在一起,解决了目前煤层气井洗井难的问题。
- (3)该技术与常规煤层气井洗井工艺相比较具备很大的优势,无需动管柱,节约了作业时间和成本,延长了泵的寿命,满足了现场的急需。

参 考 文 献

- [1]李传亮,彭朝阳.煤层气的开采机理研究[J].岩性油气藏,2011(04).

- [2]张遂安,曹立虎,杜彩霞.煤层气井产气机理及排采控压控粉研究[J].煤炭学报,2014(09).
- [3]陈顶峰,张晗.U型井反循环空气洗井工艺及应用效果分析[J].中州煤炭,2014(04).
- [4]张芬娜,綦耀光,刘冰,等.煤层气井关井井底压力恢复模型[J].煤矿开采,2012(05).

作者简介: 沈琼,工程师,本科,生于1986年,2008年毕业于大庆石油学院,现从事注采工艺技术研究工作。地址:(300450)天津市塘沽区。电话:66907192。E-mail: shenqiong@cnooc.com.cn。

海水压裂液体系研发及连续混配压裂技术新工艺介绍

宋爱莉 安琦 高双 熊俊杰 周际永

(工程技术分公司钻采工程研究所)

摘要 随着海上油气田的开发,三低油气藏纳入开采日程。实践证明,实施压裂技术是开发这类油藏最有效的手段之一。受海上平台空间、淡水资源以及物料运输的限制,压裂技术实施遇到瓶颈。本文研究了一套适用于海上平台大规模压裂($\leq 1000\text{m}^3$ 液体)的新工艺。该工艺主要利用占地面积较小的一套连续混配设备、配套的速溶型海水基压裂液体系,实现了连续配液、连续施工的压裂工艺。该工艺解决了淡水资源短缺、运输储存困难以及大规模压裂周期长、平台空间受限等问题,为海上油田水平井多段压裂提供了高效、经济的作业方式。

关键词 海水基 压裂液 连续 工艺

我国海上油气储量丰富,但低渗储量动用程度较低,例如渤海油田低渗透储量动用程度仅为26%,东海平湖油气田动用储量为18%以上。2000年以来,压裂技术成为一种重要的增产技术手段,如东海区域对6口井实施压裂后,平均单井日产气量由原来的 $0.49 \times 10^4\text{m}^3$ 上升至压裂后的 $4.55 \times 10^4\text{m}^3$ 。随着海上油气田的开发,水平井开发成为主流,深海压裂和大规模压裂成为其发展的方向,相应的压裂液体系及配套工艺日益成熟。

海上压裂现场实施,受到现实条件的限制。其中海上平台空间有限;压裂车组承载不能超标;淡水运输储存成本高。因此,就地取材选择海水配制压裂液成为实用技术的研究方向;同时针对大规模压裂开展连续配液、不间断施工的工艺。第一,采用海水,省去淡水资源储存和运输的不便;第二,在大规模施工时(1000m^3 以下),不需要提前配制压裂液,既节约了时间成本,也解决了配制压裂液的占地空间。

该工艺主要包括两个研究方向:连续混配设备样机试制以及配套的海水压裂液体系研究。本文重点阐述海水基压裂液稠化剂的研发以及该工艺如何实现连续配液、连续施工的过程。

1 速溶型海水基压裂液体系

1.1 研究方向分析

针对海上油田,存在高温储层,温度集中在 $95 \sim 135^\circ\text{C}$ 。例如,渤中25-1油田、惠

州 19-1 油田、陆丰 13-1 油田、天外天油田等，因此海水基压裂液需要研究耐温性能；另外考虑到连续配液、连续施工的要求，需要提高压裂液稠化剂的速溶性能；连续混配工艺大规模开展需要选择海水配制压裂液，因此压裂液体系耐盐要适合四个海域海水的矿化度。因此配套的海水基压裂液体系，技术要求速溶时间在 5~10min 之间；耐盐大于 30000mg/L；耐温不低于 140℃，其他性能满足行业标准的要求。

实验室评价了多种稠化剂在海水中的性能，按照类别区分，数据统计见表 1。

表 1 各种稠化剂在海水中性能对比

稠化剂	溶解性能	抗温性能	增黏性能	对地层伤害	综合性能
改性胍胶类	30~60min	20~100℃	10~30mPa·s	15%左右	速溶、耐温性能不满足本文研究方向，有性能提升可能
合成聚合物	40~80min	20~120℃	10~80mPa·s	9%左右	速溶、耐温性能不满足本文研究方向，有性能提升可能
黏弹性 表面活性剂	30~50min	20~100℃	30~100mPa·s	5%左右	速溶性能通过提升可满足本文研究方向，单耐温性能提升可能性不大

目前评价的压裂液增稠剂中，胍胶类产品的耐温和速溶性能可通过产品改性来实现；而聚合物类产品的性能也可以通过合成单体和工艺来实现。因此选择两种稠化剂作为研究对象，研发适合连续配液工艺的速溶型海水基压裂液体系。

1.2 改性胍胶增稠剂的研究

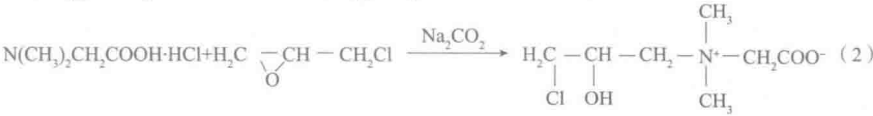
1.2.1 分子结构分析

胍胶为目前国际上最为廉价的亲水胶体之一，主要成分为半乳甘露聚糖，其主链由甘露糖通过 β-1, 4-糖苷键链接而成，半乳糖则通过 α-1, 6-糖苷键链接在主链上，通常甘露糖与半乳糖的摩尔比为(1.5~3):1，分子量约为(100~200)×10⁴。胍胶的分子结构中支链上的半乳糖处于分子外部，且半乳糖上的 C₆ 羟基为伯羟基，所以不管从立体位阻，还是从 SN₂ 反应的活性来看，半乳糖上的 C₆ 羟基被化学改性的几率最大。

1.2.2 合成工艺

分子制备主要分两个步骤：首先用二甲胺、氯乙酸和环氧氯丙烷分(1)、(2)两步反应，合成两性中间体，然后使用湿法工艺对胍胶原粉通过步骤(3)进行改性，生成两性胍胶分子。

反应方程式为：



室内实验确定两性胍胶的制备条件为：碱/瓜尔胶质量比应该为 1.25×10^{-2} ，反应温度为 70°C ，反应时间为 6h。

1.2.3 增稠剂性能分析

通过中试实验，获得性能符合要求的胍胶增稠剂。其性能见表 2。

表 2 中试产品的性能

外观	淡黄色粉末
细度 C1 (过 SSW 0.125/0.09 筛量)/% $\geq$	99
含水率/% $\leq$	8
表观黏度 (0.6%, 30°C , 170s^{-1})/ $\text{mPa}\cdot\text{s} \geq$	93
水不溶物含量/% $\leq$	5
pH 值	6.8 ~ 7.0
取代度	0.43

1.3 合成聚合物增稠剂的研究

1.3.1 分子结构设计

速溶耐盐聚合物增稠剂的研究，首先要确定聚合物分子的结构，理论上完成实现功能的分子结构设计；其次优化聚合物的合成工艺，实现分子设计中，速溶耐盐的性能要求。

在速溶耐盐聚合物分子结构设计上，需要满足其耐剪切、高携砂、抗温、低残渣的基本性能，本文合成单体选择以磺酸盐为主体结构，丙烯晴、乙烯基吡咯烷酮等为次主体结构的聚合物。

1.3.2 合成工艺

普通聚合物通常以丙烯酰胺、丙烯酸单体为主，采用聚合釜聚合成胶体后，直接进行造粒烘干粉碎即可。但速溶耐盐聚合物增稠剂是通过改变聚合物单体种类来实现的，性能方面需将选定的单体均匀地聚合到一个分子链中；同时速溶性从化学角度要求增加聚合物的亲水性，而从物理角度出发，需要大大减小聚合物分子的粒径。因此需将一般生产工艺进行合理优化。优化方向主要有以下几点：

(1) 工艺优化后，采用 2% 浓度的 EDTA 的二钠盐代替一定摩尔浓度的水，进行功能单体的溶解。

(2) 将以往合成工艺中釜式聚合改为平板聚合工艺。所谓平板聚合工艺是将已经引发了的聚合物溶液迅速导流到宽 100cm，高度为 1cm 的平板中，使功能单体发生聚合。

(3) 在平板聚合结束后采用捏合机后处理工序。将平板状胶体倒入捏合机进行表面活性剂处理接枝再聚合。

(4) 用柱磨机代替对滚粉碎机，将速溶耐盐聚合物增稠剂分子粒径由原来的 30 ~ 40 目降低到 60 目左右，提高增稠剂的速溶性能。

1.3.3 增稠剂性能分析

对以上工艺合成的速溶耐盐聚合物增稠剂，在海水和淡水中对其速溶性、耐剪切性能进行评价，结果如图1所示。

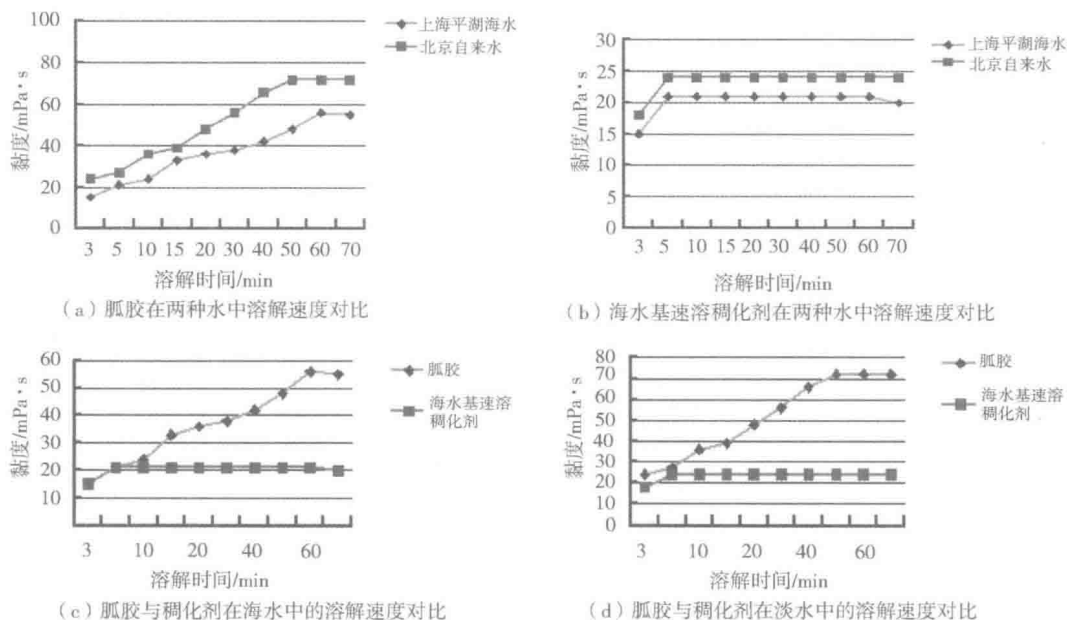


图1 溶解速度与黏度关系曲线

通过曲线可以看出，速溶耐盐聚合物增稠剂在海水中和淡水中的溶解速度基本一致，均在5min达到黏度极大值；对比物胍胶在淡水中的溶解速度要快于海水中的溶解速度，虽然速溶耐盐聚合物增稠剂在海水和淡水中的黏度均低于胍胶，数据显示海水基速溶增稠剂在海水和淡水中的黏度相差不多，耐盐性能明显优于胍胶。

根据图2和图3对比结果看出：当使用海水配液时，羧甲基羟丙基胍胶和羟丙基胍胶一级的黏度保持率低，抗盐性能差。特级胍胶的价格较贵，且黏度保持率也不高。羟丙基胍胶一级的水不溶物含量高。而抗盐复合植物胶虽然水不溶物含量较低，但是黏度保持率也较低，抗盐性差。速溶耐盐聚合物增稠剂其水不溶物仅为0.05%，比任何一种植物类的和复合植物胶的水不溶物都低的多，对地层的伤害小。而且其抗温性能和抗剪切性能均好于其他对比物。

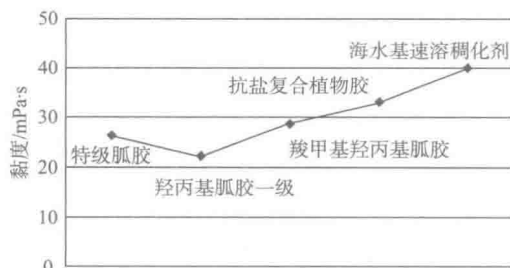


图2 不同增稠剂在海水中的剪切后黏度

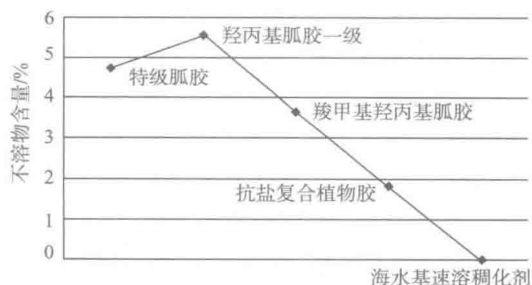


图3 不同增稠剂在海水中的不溶物含量

1.4 压裂液体系研究

速溶耐盐聚合物增稠剂确定后,我们在室内开展了大量的实验,通过对增稠剂浓度的优选,交联剂、破胶剂以及其他辅助助剂的优选,形成了两套不同的速溶耐盐型压裂液体系。

体系一: a 改性胍胶剂 + b 助排剂 + c 黏土稳定剂 + dpH 调节剂 + e 杀菌剂 + f 温度稳定剂[交联剂比为 100: (0.4 ~ 1.0)]。

耐温: 170℃; 溶解时间: 6min; 耐盐: $\geq 30000\text{mg/L}$ 。

体系二: A 合成聚合物 + B 延缓剂 + C 破乳助排剂[抗盐复合交联剂为 100: (0.6 ~ 1.0)]。

耐温: 140℃; 溶解时间: 5min; 耐盐: $\geq 30000\text{mg/L}$ 。

通过体系的综合性能分析,按照行业标准开展各项实验,经过实验室评价,体系各项性能符合行业标准 SY/T 6376—2008《压裂液通用技术条件》的指标要求。

2 连续混配技术研究

2.1 工艺流程研究

连续配液工艺设计主要是指在大规模压裂过程中,一次性所配制的压裂液不足以满足一口井的施工,因此可以即配即用,节省配液时间和储存空间。海上油田压裂整体工艺流程设计如图 4 所示。

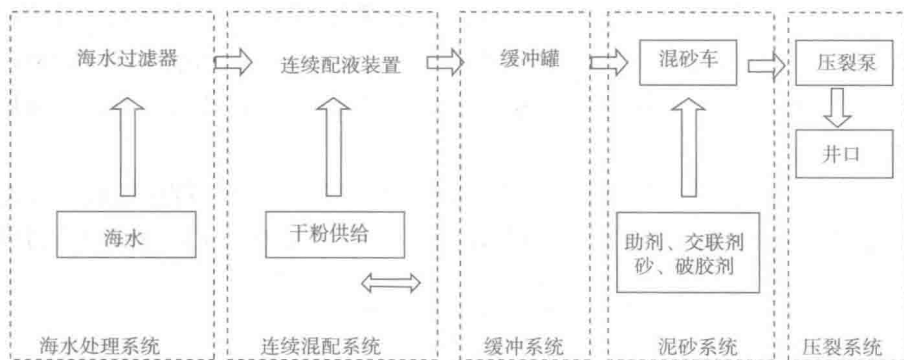


图4 海上油田连续配液施工工艺流程图

工艺流程简述如下:首先用泵将海水抽提至平台,经过过滤等工序,海水直接连接连续混配设备的进口,用于配制压裂液;压裂液干粉直接供给连接连续混配设备与水混合,在设备出口处已经是指标合格的压裂液基液,经过缓冲罐就可以开展压裂施工。在整个工艺流程中,海水提取、配液速度、液体缓冲以及压裂施工排量都有一定的协同关系,因此施工流程需要经过准确的流量设计,才能将压裂的整体供液达到完美的组合。

2.2 连续混配设备研究

目前连续混配设备已经有两套,主要区别在于动力源的差别,针对不同的平台条件选

择不同的设备开展压裂施工(图5)。主要的技术参数见表3。



图5 连续配液设备图

表3 设备参数

设备	型号	供液能力/(m^3/min)	占地面积/ m^2	混配撬重量/t	一次性配液能力/ m^3
设备一	JRJL-1	1.5~6	25.5	10	500
设备二	HJPZ-5	2.0~6	18.25	9	1000

3 结论

(1)通过研究完成了两套海水压裂液体系的配方研究,性能满足行业标准 SY/T 6376—2008《压裂液通用技术条件》要求,速溶时间小于5min;耐盐大于30000mg/L;胍胶体系耐温达170℃、聚合物体系耐温达140℃;两套体系均满足海上油田就地取海水配制压裂液的要求。

(2)根据大规模压裂需求,完成了连续混配工艺的流程设计,同时完成两套混配泵撬的设计加工,并经过现场应用,实现了海水配液、连续压裂施工项目研究的最初目的。

参 考 文 献

- [1]江怀友,李治平,卢颖,等.世界海洋油气酸化压裂技术现状与展望[J].中外能源,2009,14(11): 45~49.
- [2]李欣.东海平湖油气田高效开发[EB/OL].2012(11).
- [3]卞晓冰.海上低渗透油藏水力压裂技术适应性评价[J].科学技术与工程,2011,11(34).

作者简介:宋爱莉(1974-),女,硕士,高级工程师。现就职于中海油能源发展股份有限公司,主要从事油田增产技术研究工作。E-mail: songal@cnooc.com.cn。联系电话: 022-66907730。