

海上采油工艺新技术与实践综述

徐文江, 丘宗杰, 张凤久

(中海石油(中国)有限公司开发生产部,北京 100010)

[摘要] 结合“十一五”期间海上油田开发生产所面临的挑战,介绍了采油工艺方面探索和取得的新成果。

[关键词] 采油工艺;实践;技术;综述

[中图分类号] TE3 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2011)05-0053-05

1 前言

随着海上油气田规模的不断扩大和油气田开发的深入,技术人员结合海上油气田的特殊开发模式,积极应对和解决高含水、低渗透、稠油、边际油气田开发中出现的新问题,在实践中探索和发展了许多新工艺、新技术。

2 海上采油工艺面临的主要问题

2.1 海相砂岩(特)高含水油田挖潜面临挑战

海相砂岩油田是海上典型的主力油田之一。南海海域已投产的大多数海相砂岩油田的综合含水已超过90%,其采出程度也高达42%。从这类油田调整井平均单井初产和累产变化可以看到,调整井挖潜增产风险正在加大。同时,由于空井槽越来越少,加之老井眼多次侧钻,作业难度越来越大,钻井费用会越来越高,桶油增产成本随之升高。随着油田含水的上升,产液结构不断恶化,提液增产难度越来越大,污水处理系统超负荷运行,节能减排面临更大的压力。另外,随着含水上升和油田产出液温度的升高,设备设施腐蚀会更加严重,电潜泵生产周期会变短。所有这些都对采油工艺技术发展提出了更高要求。

2.2 陆相砂岩常规稠油油田稳油控水困难

陆相砂岩常规稠油油田主要集中在渤海海域。

这部分油田现有井网、井距和单井控制储量较大,部分储量现有井网难以有效控制和动用。另外,由于这些油田地层疏松,大斜度井细分层系防砂较为困难,因此一般采用合采或分大段开发(一般分三至四段)。由于层系划分较粗,在开发过程中,注采矛盾逐步暴露,稳油控水工艺面临很大挑战。

2.3 海上非常规稠油热采面临技术瓶颈

渤海油区有一部分非常规稠油油田(地下原油粘度大于450 mPa·s)由于原油粘度高,在现有技术和投资条件下,使用注水等常规开发方法非常不经济,急需在海上实施稠油热采技术。但海上实施热采,无论是蒸汽发生装置、井下安全控制技术,还是人工举升工艺,都面临特殊的挑战。

2.4 低渗透油气田开发面临成本挑战

随着海上油气开发力度的加大,越来越多的优质储量已经被动用,加大低孔低渗储量动用和提高这些储量的开发效果越来越紧迫。与陆上油气田开发相比,海上平均单井钻完井投资是陆上的十几倍,工程投资核算到单井上是陆地的60多倍,海上三低油气田的经济开发难度不仅大于海上常规油气田,更是远大于陆上油气田,需要低成本采油工艺技术作为支撑。

2.5 海上天然气田面临稳产挑战

随着气田生产时间的延长和压力的降低,单井产量越来越低,井筒积液越趋严重,气井停产风险越

[收稿日期] 2010-03-20

[作者简介] 徐文江(1972—),男,黑龙江海伦县人,高级工程师,主要从事海洋石油开发生产采油工艺技术的研究工作;

E-mail: Xuwj@enooc.com.cn

来越大。另外,某些气田 CO₂ 含量非常高,随着生产时间的延长,腐蚀问题严重威胁着气田的安全生产。而担负着向香港供气责任的崖城 13-1 气田,其井深超过 7 000 m,由于井筒问题急需修井作业,海上深井大修技术面临技术挑战。所有这些都对配套工艺技术提出了新的要求。

2.6 油田生产后期地面工艺适应性面临挑战

随着油田含水的上升,油田增产提液的开发要求、油田水处理、污水排放、高温腐蚀、出砂等问题,直接影响产量目标的实现。另外,由于油田注入水复杂,油田结垢、腐蚀问题越来越严重,注入水水质控制、油田化学垢防治工艺均面临新的挑战。

3 采油工艺新技术发展与应用实践

面对各种困难和挑战,海洋石油采油工艺和油藏人员通过大量的技术研究与实践探索,在地面工艺、人工举升、注水和控水、储层改造和保护、大修作业、稠油开采及提高采收率方面形成了具有中国海油特色的配套采油工艺技术,并成功应用于各类油田开发生产问题的解决之中。

3.1 海相砂岩油田(特)高含水期挖潜配套采油工艺

南海海域海相砂岩油田大多为强底水油藏,后期挖潜主要以上返和侧钻调整井为主。在上返和调整井中,工艺人员运用 TCP 负压射孔、PURE 动态负压射孔、高能燃料造微裂缝的复合射孔技术,取得了较好的增产效果。同时,为了延缓侧钻调整井投产后的底水锥进,中心管、ICD 等一些先期控水技术得到进一步发展和应用。图 1 示意了管柱实施 ICD 流动控制后的理想采油示意图。图 2 展示了 XJ23-1-A18H 井采用 ICD 先期控水技术之后,含水与累产关系改善的实际关系曲线。

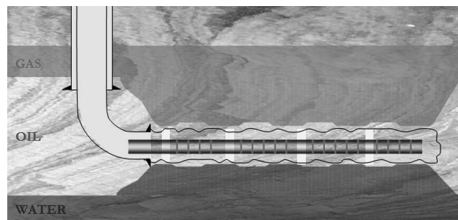


图 1 管柱实施 ICD 流动控制后的理想采油示意图

Fig. 1 Ideal production status after using ICD internal control

大泵提液、以水带油是强底水油田挖潜增产的另外一项重要措施。为应对大泵提液后产液

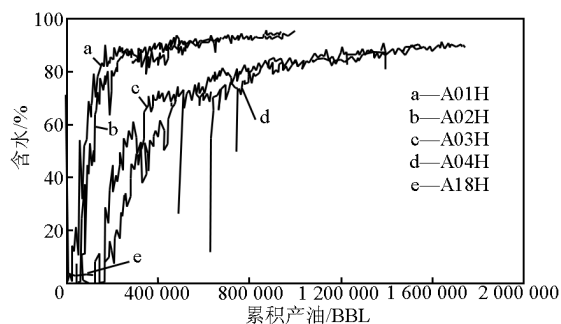


图 2 实际 XJ23-1-A18H 井使用 ICD 后与周边井累产与含水关系对比

Fig. 2 Comparing curves of accumulated oil production and water cut between offset wells and XJ23-1-A18H carried out ICD technology

结构的恶化,在井下控水技术得到应用的同时,一些高效污水处理技术,如 CFU 高效污水处理工艺(见图 3)、管式污水处理工艺和污水回注工艺得到成功应用,保证了挖潜水处理问题的有效解决。

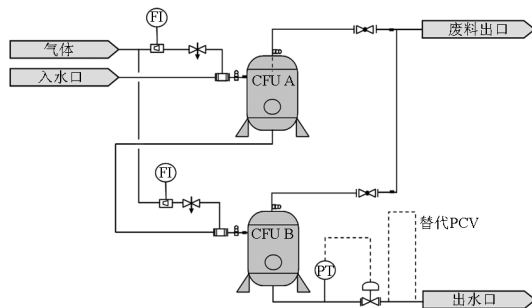


图 3 CFU 高效污水处理工艺流程

Fig. 3 CFU efficient process for produced water

面对高采出程度油田设施旧且少、腐蚀严重和处理能力不适应等问题,一些腐蚀防护技术、生产系统优化技术、水下作业技术得到进一步发展和应用,如在水下作业方面,XJ24-3 并入海洋石油 115 号 FPSO、番禺 4-2/5-1 油田海管不停产穿越更换技术等,它们有力地保障了油田挖潜工作的顺利进行。

3.2 陆相砂岩常规稠油油田稳油控水配套工艺

围绕油藏稳油控水治理目标,在侧钻调整井保障方面,内挂、外挂井槽技术得到成功应用;在解决层间矛盾方面,同心集成分注、地面多管分注技术(见图 4)得到发展和应用,当前这两类分注井占注水井总数分别达 43% 和 30%。

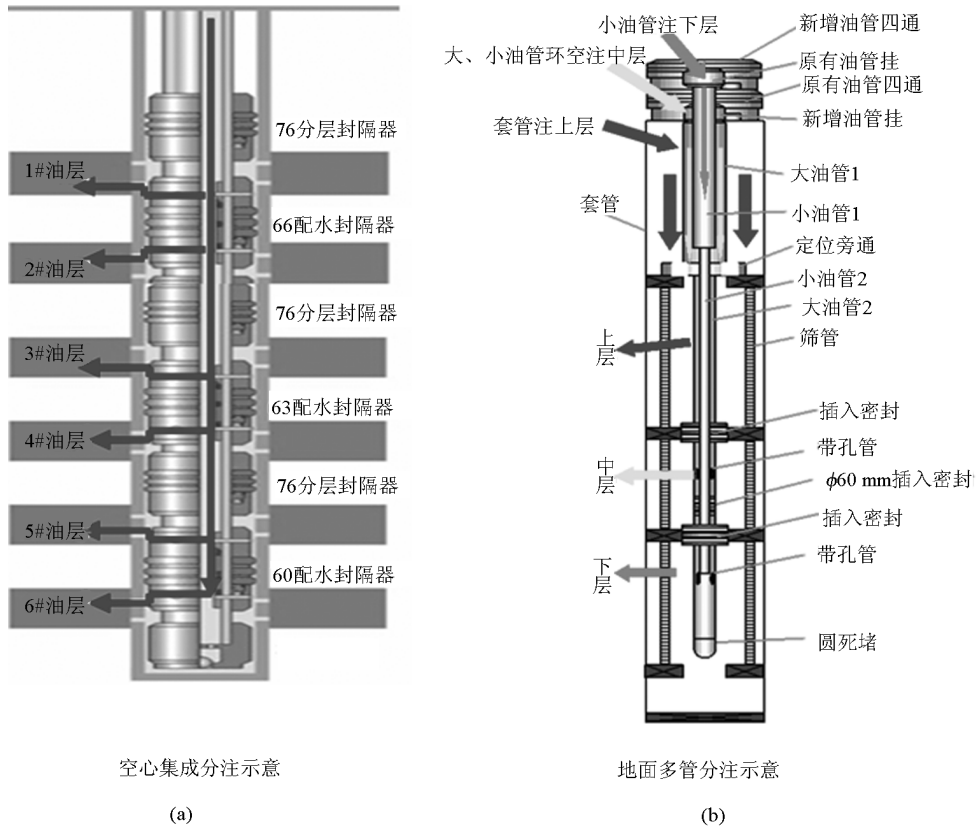


图4 海上常用的两种分注管柱工艺示意图

Fig. 4 Diagram for two typical separated water injection technologies on offshore

在解决层内矛盾方面,在近井调剖基础上又发展和应用了弱凝胶深部调驱技术、氮气泡沫深部调驱技术、纳米微球深部调驱技术、层内生成 CO₂ 调驱技术;在油井堵水方面,稠化油封水、人工隔板化学堵水(见图5)、选择性化学堵水技术、氮气泡沫压锥技术得到了发展;在增产增注方面,多氢酸深部酸化工艺、氮气泡沫分流酸化工艺、地面卧式电潜泵增压注水工艺、倒置电潜泵增压注水工艺得到应用;在提高油井、水井资源利用率上,发展了同井注采技术,并在现场应用实施了28井次。与此同时,聚合物驱技术也在海上得到了应用和发展。

3.3 海上非常规稠油热采技术

在“十一五”期间,为实现海上非常规稠油高效高速开发,围绕稠油热采开发,配套工艺方面做了很多尝试和探索。当前海上已完成了4井次多元热流体吞吐,在热力发生装置选型和改造、热采用水、环空隔热、举升工艺、热采完井、注采工艺等方面均有一定突破。图6是海上多元热流体热采示意图。

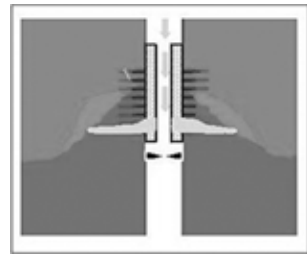


图5 人工隔板化学堵水

Fig. 5 Water block with artificial chemical plate

3.4 “三低”油气田开采技术

为实现海上“三低”油田经济开发,在配套工艺技术上做了很多尝试和探索,并先后在渤中25-1油田、歧口18-2油田、天外天气田、平湖油气田、涪11-1油田尝试了基于海上生产设施的水力压裂储层改造技术。随着技术的发展,单井压裂费用从最初的2500万元/井次,降至现在400万~600万元/井次。在修井作业中,应用了一些储层保护技

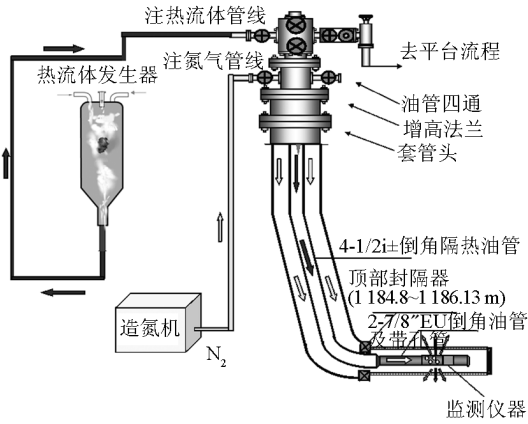


图6 多元热流体热采示意图

Fig. 6 Process for injection of multiple hot fluid

术,图7示意了普通管柱防污技术和Y管柱防污染技术;在补充储层能量方面,采取了一些特殊增压注水技术,如倒置电潜泵增压注水、卧式电潜泵增压注水;在人工举升方面,在BZ25-1油田推广应用了小泵深抽技术。

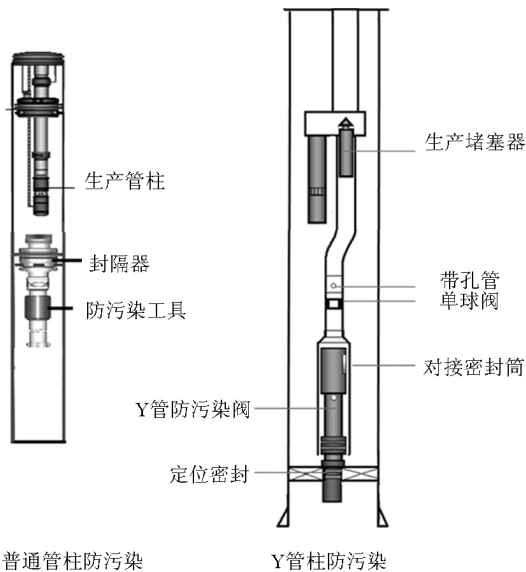


图7 两种管柱修井防污染示意图

Fig. 7 Two typical methods of reservoir pollution prevention

3.5 海上天然气稳产技术

在“十一五”期间,为实现海上天然气田高效开发,配套工艺措施方面也做了很多尝试和探索:包括MDEA湿法脱碳工艺、连续气举排水采气工艺、临界携液气量分析技术、高低压井干扰生产工艺系统优化工艺、气田污水处理工艺技术,均取得了较好的效果。

3.6 其他采油工艺技术

为实现公司产量、成本和安全目标,地面工程方面发展了透平发电机燃气调驱技术、富裕天然气回注技术、FPSO放空天然气轻烃回收技术、电力组网等相关技术;在隐蔽和关键设施运营和维护、应急维修方面,建立了海底管缆完整性管理和应急维修程序,开发了针对平台结构、水下井口、油轮、主电站、吊机、压缩机、锅炉等关键设施隐患预警系统;在油田化学垢防治和腐蚀防护技术方面,发展了油气田化学垢防治、腐蚀效果评价技术。

为了提高海上“井资源”利用率,海上还发展了一井多用技术,并成功实施了28口井。另外,为了延长边际油田电潜泵生产运行周期,减少修井频次,双泵采油方面也做了很多尝试。图8为一井多用技术的应用示意图。

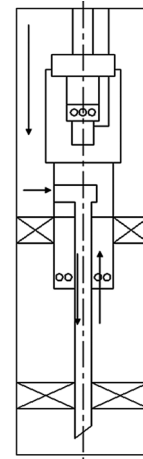


图8 一井多用示意图

Fig. 8 Diagram for one well with multi functions

4 取得的效果

“十一五”期间,累积探索采油新工艺、新技术37项,其中有16项成功地在油气田推广应用,为生产油田挖潜和难动储量开发提供了新的技术支撑。

与此同时,由于技术手段的不断完善,工艺措施对产量贡献越来越大,“十一五”工艺措施累积增产达1705万 m^3 ,2010年工艺增产占基础产量比例超过7%。历年工艺措施增产情况见图9。

5 结语

面对“十二五”,必须看到采油工艺将面临更大的挑战。第一,海上一大批油田已经或正在步入高

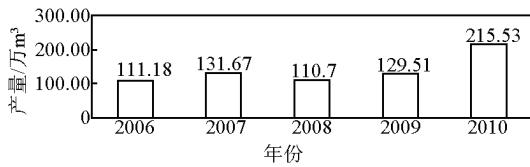


图9 “十一五”各年工艺措施增产

Fig.9 Annual increased oil production with new technologies during “11th five – year” plan

含水和特高含水期,原油产量的62%来源于高含水 and 特高含水油田,配套的稳油控水技术亟需进一步完善;第二,海上稠油产量占原油总产量的比例达

44%,这些油田平均采出程度和采油速度均不高,实现稠油高速高效开发依旧需要破解很多技术难题;第三,随着储量规模较大、储层和流体条件较好的油气田的相继开发,占探明储量16%~20%的边际和“三低”储量已开始投入开发,也需要通过采油工艺技术创新来提高这些难动用储量的开发效益;第四,海上生产设施的不断老化、节能减排的需要,都对如何保障安全生产提出了新的挑战。所有这些都将对采油工艺在“十二五”的发展提出更高的要求。

Review on new technology and field practice on offshore oil fields

Xu Wenjiang, Qiu Zongjie, Zhang Fengjiu

(Exploitation and Develop Department, CNOOC (China) Ltd., Beijing 100010, China)

[Abstract] The article introduced some new production technologies to meet challenges on offshore oil development during carryout of “11th five-year” plan.

[Key words] oil production technology; field practice; technology; review