

埕岛浅海油田注水管柱及配套工艺技术

王增林 辛林涛 崔玉海 何云 唐高峰

(中国石化胜利油田有限公司, 山东东营 257000)

摘要 根据埕岛浅海油田的开发现状, 阐述了注水方案部署及其对注水工艺技术的特殊要求, 重点介绍了埕岛浅海油田防砂注水管柱及配套工艺技术构成, 即分层防砂工艺、分层注水工艺和测试投捞调配工艺3大部分。分层防砂工艺是指防砂管柱坐封丢手后留在井中, 分层封隔器保证了动态停注过程中层与层之间严密分割、互不串通, 特殊结构的金属棉滤砂管与采用单流阀结构的注水阀组成一个密闭空间, 保证地层砂不会反吐到防砂管柱内部; 分层注水工艺中主要采用了集成式综合封隔配水器, 注入水在经过配水器后, 各层注水量的调配是通过改变配水器内芯子上的水嘴大小来实现的; 测试投捞调配工艺根据海上平台的工作条件及目前注水井测试调配工艺技术现状, 采用液力投捞方式进行井下测试和调配。目前该项工艺技术已经在埕岛浅海油田顺利实施17井次, 成功率100%, 管柱分层清楚, 注水量清楚, 对应生产井见到了明显的增油效果。

关键词 埕岛油田 浅海 注水 防砂 管柱 应用 效果

作者简介 王增林, 1964年生。1987年毕业于华东石油学院开发系, 现任科技处处长, 高级工程师。辛林涛, 1971年生。1995年毕业于石油大学机械系, 现在采油工艺研究院从事注水工艺技术研究工作。

埕岛浅海油田位于渤海湾南部极浅海海域, 主力开发层系为馆上段油层, 含油面积 92.4km^2 , 地质储量 $28\ 108 \times 10^4\text{t}$, 占胜利浅海油田总储量的89.4%。自1994年投入开发以来, 一直利用天然能量进行高速开发, 目前已建成产能 $200 \times 10^4\text{t}$ 。但随着开发时间的延长, 2000年底地层压力已经由原始地层压力 14.03MPa 降为 10.69MPa , 大大低于油藏饱和压力(12.4MPa)。油藏呈现出溶解气驱的特征, 多数生产井产量开始下降, 气油比上升。在井网已基本完善、补充新井较难的情况下, 油田保持稳产 $200 \times 10^4\text{t/a}$ 比较困难。因此, 保持地层能量已成为稳定浅海油田产量的必要条件。注水作为补充地层能量的有效途径, 已成为稳定浅海油田产量的首选措施之一。

浅海油田对注水工艺的特殊要求

为使埕岛浅海油田注好水、注够水, 取得较好的注水开发效果, 根据开发方案的要求, 对浅海油田的油藏特点作了进一步分析, 明确了浅海油田对注水工艺的特殊要求。

1. 油层多, 储层平面和纵向上物性差异大, 含油井段长(平均 $250 \sim 350\text{m}$), 含油小层多(最多1个砂

层组达11个), 各小层渗透率从 $200 \times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 到 $3000 \times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 不等, 层间矛盾大, 多层合注层间干扰大, 储量动用很不均衡, 必须进行分层注水。

2. 主力层系为馆陶组, 地层胶结疏松, 属泥质胶结, 注水易破坏地层的孔隙结构。注水过程中由于受洗井、停注以及作业时放溢流等因素的影响, 注水井容易出砂。注水井必须采取防砂措施, 并且效果要好, 有效期要长。

3. 注水井多为定向井(一般为 $30^\circ \sim 45^\circ$), 井斜大, 测试投捞困难, 必须优化设计注水管柱和测试投捞工艺。

4. 海上平台空间有限, 环境恶劣, 注水工艺必须满足平台环境要求。井下投捞调配测试时, 井口平台操作和设备安装困难大。

5. 浅海油田作业需要船只、作业平台以及各有关单位协调合作, 作业成本高, 因此要求管柱有效工作寿命长, 至少 $2 \sim 3$ 年, 以便降低作业成本, 提高油田注水开发的经济效益。

6. 注水水源为高矿化度海水, 其腐蚀性很强, 必须优选注水管柱的防腐措施, 提高注水管柱的防腐功能, 以延长工作寿命。

7. 埕岛浅海油田处于海洋之中, 环境污染造成的损失大, 因此开发环保要求高, 要求管柱具有安全功能, 能保护油层以上套管, 实现无套压注水, 管柱

工作必须安全可靠。

管柱组成、工作原理和特点

一、分层防砂工艺管柱

1. 管柱结构(见图1) Y445封隔器主要用来悬挂管柱,并实现无套压注水;Y341FS封隔器主要用来分层;Y441封隔器用来支撑管柱和分层;金属毡防砂管实现管内防砂;注水阀用来实现对地层封闭注水;安全接头用于后期作业时安全起出管柱。

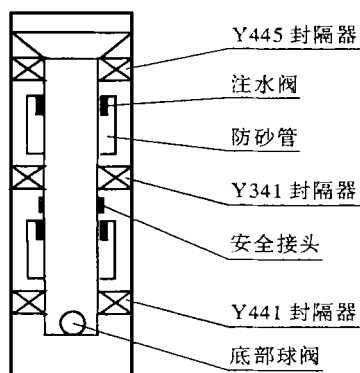


图1 防砂工艺管柱示意图

2. 工作原理

(1)坐封丢手。防砂管柱(图1)与配套的坐封管柱(见图2)按设计要求一次下井,下到设计位置后,从油管内打压,使Y445封隔器、Y341FS封隔器、Y441封隔器同时坐封;与此同时高压液体关闭底部球阀并作用于AJ安全接头,释放其控制活塞。当压力达到15MPa时,稳压5min,完成坐封。坐封结束后,可继续升高压力到25MPa完成丢手(也可向油管内投入 $\varnothing 45\text{mm}$ 的钢球,再打压至18~20MPa实现丢手)。丢手后起出坐封管柱,井内留下的就是完井后的防砂工艺管柱。

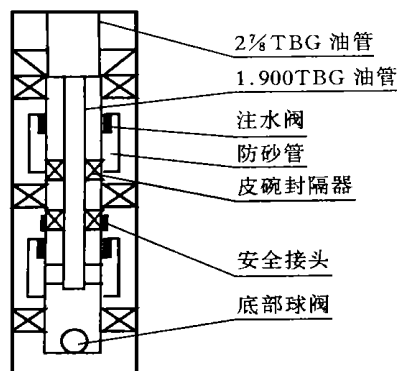


图2 坐封管柱示意图

(2)注水。注水时,注入水从注水管柱进入相应的注水阀和防砂管的环形空间,从防砂管进入地层。

3. 技术特点

(1)该管柱实现了注水井分层防砂、丢手一次完成,一次打压封隔器全部坐封,施工工艺简单;

(2)采用丢手锚定机构,能减少因管柱蠕动引起的封隔器失效现象,从而提高了封隔器的工作压力和工作寿命;

(3)设计有单向注水阀,杜绝了地层反吐出砂现象,并把停注时小层之间的串通吐砂挡在管外,保证了管柱内部畅通,使注入水推进均匀,防砂有效期长;

(4)具有安全保护功能,不动防砂管柱作业时不用压井,有利于环境保护;

(5)带有安全接头,便于后期作业时起出管柱,避免复杂事故的发生;

(6)所有工具都采用Ni-P镀防腐处理,能有效延长工作寿命。

二、注水工艺管柱

根据海上注水开发的要求,并考虑到平台条件和注水工艺的可操作性,设计了2种注水管柱。

1. 同心双管分层注水工艺管柱

(1)管柱结构见图3。该管柱适用于分注2层的注水井,在井口采用双四通。管柱主要由HY分流洗井阀、HYSLM水力锚、扶正器和HYY341型可洗井环空保护封隔器,皮碗封隔器及注水内管、注水外管等组成。注水内管、注水外管形成2条注水通道;皮碗封隔器用于防砂管内分层;HYY341封隔器用于密封油套环空,实现无套压注水;水力锚用于锚定管柱,防止管柱蠕动;分流洗井阀用于冲洗油套环空、注水内管和注水内、外管的环空。

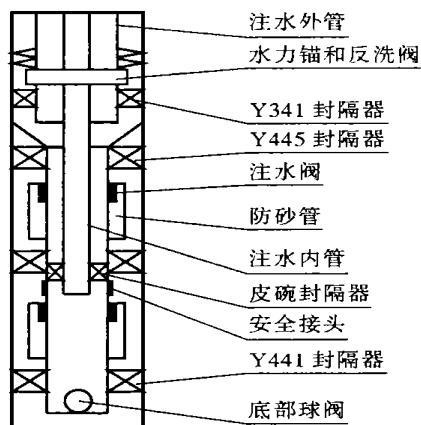


图3 双管注水工艺管柱示意图

(2)工作原理。先按设计要求下入注水外管,再下入注水内管,当 HYPW 皮碗封隔器位于坐封 HYY341 注水封隔器的密封管内时,坐好井口大四通,从注水外管与注水内管形成的环形空间打压使 HYY341 封隔器坐封,然后,继续下放内管,使 HYPW 封隔器达到设计位置后,即可完井注水。注水时,由注水外管与注水内管形成的环形空间注上层,注入水从环形空间下行进入 HYZF152 注水阀,通过防砂管进入上层;由注水内管注下层,注入水从注水内管进入下层的 HYZF132 注水阀,通过防砂管进入下层。需要解封起管柱时,首先起出注水内管,然后上提注水外管,卸下悬挂器接 2~5m 的油管短节,下放管柱解封 HYY341 注水封隔器,然后上提即可起出管柱。

(3)技术特点。

①具有环空保护功能,可实现无套压注水,能满足海上油田开发的环保要求和安全要求,并有利于保护油层以上套管;

②能够在井筒内进行反洗井,便于冲洗油层以上的井筒;

③能分注 2 层,各层注水量由地面水表控制,测试调配在地面进行,工艺简单,操作方便,资料准确可靠;

④能够满足井下测吸水剖面的工艺要求。

2. 单管分层注水工艺管柱

(1)管柱结构见图 4。该管柱主要由皮碗封隔器、HYHFZ 配水器、HYSLM 水力锚、HYBC 补偿器、安全阀、洗井阀、扶正器和 HYY341 可洗井封隔器等工具组成。皮碗封隔器在分注 3 层时用来分层(分 2 层时不需要),HFZ 配水器为一整体综合配水器,具有扶正、封隔分层、反洗,便于生产测试、调配等功能。配水芯子为一整体,采用空心活动式,可一次性完成投捞、测试和调配,与防砂管柱组合可实现分 3 层注水,同时还能满足调配时反洗井液力投捞的要求。水力锚用来固定注水管柱。补偿器用来补偿油管因温度效应和压力效应引起的管柱长度伸缩变化,与水力锚配合可防止管柱蠕动,延长注水管柱使用寿命。安全阀用于紧急情况下实现快速关井。Y341 封隔器主要用于注水时保护油层以上套管,实现无套压注水,洗井时提供洗井通道。

(2)工作原理。

①完井。防砂工艺管柱完成后,按设计要求下入单管分层注水管柱,在 HFZ 综合式配水器插入防

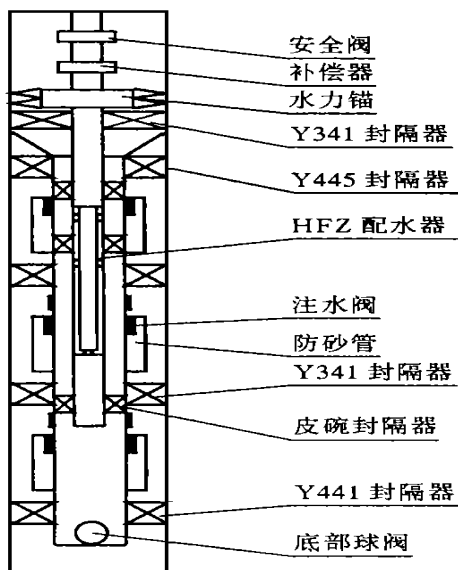


图 4 单管注水工艺管柱示意图

砂管后,下放管柱使补偿器闭合,坐好井口,从井口投入配水芯子和坐封工具,再从油管内打压使 Y341 封隔器坐封。然后在井口装好捕捉器,从油套环空打压,进行反洗井,利用液力捞出坐封工具后,即可正常注水。

②注水。注水时,注入水从油管进入 HFZ 配水器,经过水嘴的分配进入防砂管柱,上层水通过 HYZF152 注水阀和防砂管进入上层;中层水由 HFZ 配水器的尾管与防砂管组成的环形空间通过 HYZF132 注水阀和防砂管进入中层;下层水由 HFZ 配水器的尾管通过下层的 HYZF132 注水阀和防砂管进入下层。

③洗井。洗井时,从油套环空打压,高压水从油套环空下行,到达 HYY341 封隔器以后,打开洗井活塞,通过洗井通道下行至配水器后,由于密封段的密封作用,水不能下行,从而压力作用于 HFZ 综合式配水器以上的反洗阀上,打开反洗阀进入注水管内,最后通过油管返出地面。洗井完毕,套管泄压后洗井阀自动关闭,即可恢复正常注水。

④测试及调配。当需要测试时,在井口立好防喷管,将仪器投入井内,利用液力把仪器送到井底即可进行测试;测试结束后,反洗井冲出测试仪器即可正常注水。调配时从井口投入液力打捞器,捞住配水器芯子后,进行反洗井冲出芯子和打捞器,就可进行水嘴的更换。

⑤起管柱。当需要起出注水管柱时,上提管柱解封 HYY341 封隔器后,可顺利起出注水管柱。

(3) 技术特点。

①能分注 2~3 层, 满足 3 层分注的需要;

②井内具有安全阀和注水阀 2 套安全保护装置, 便于快速关井, 安全可靠, 能够满足海上油田开发的环保和安全要求;

③能够在井筒内进行反洗井, 便于冲洗油层以上的井筒, 并能满足液力投捞的要求;

④具有环空保护功能, 可实现无套压注水, 保护套管;

⑤能够进行井下吸水剖面的测试;

⑥测试调配在井下进行, 采用测调集成的方式, 一次投捞就可完成全井的测试和调配, 测调效率高;

⑦测试调配时可采用钢丝投捞和液力投捞 2 种投捞方式, 灵活方便。

三、测试及投捞调配工艺

由于双管分注工艺的测试调配在地面进行, 因此测试和调配工艺主要是针对单管分注技术的。根据海上平台的工作条件及注水井测试调配工艺技术现状, 采用液力投捞的方式进行井下测试和调配。

1. 测试工艺 该工艺主要由井口防喷管、捕捉器、流量计、测试密封段、定压阀、提升装置等组成。测试时, 采用 3 支(或 2 支)涡轮流量计串接, 通过井口防喷管把流量计下入井内, 利用重力和注水液力将流量计送至配水芯子处, 待仪器顺利坐入芯子后, 就可进行调点测试, 同时分测各层流量, 测试完毕后, 反洗井冲出测试工具, 然后计算机回放解释, 取得测试结果, 即可完成测试。

2. 调配工艺 该工艺主要由井口防喷管、捕捉器、液力打捞器和液力投送器等组成。调配时, 把液力打捞工具机构组装好, 通过井口防喷管把打捞器下入井内, 利用重力和注水液力将液力打捞器送至配水器芯子处, 捞住芯子后反洗井, 将打捞器和芯子冲出地面, 调换好水嘴后, 再用液力投送器将芯子投送到位, 然后反洗井冲出投送器, 即可完成调配。

3. 技术特点

(1) 仪器一次下井, 可同时测出各层水量, 测调效率高;

(2) 液力投捞不需要配备地面设备, 仪器下井动力大, 操作方便;

(3) 实现了测试数据处理智能化管理, 数据可靠, 消除了人为改变资料的缺陷;

(4) 反洗井在测试后进行, 有利于取得可靠资料。

现场应用

在中间试验取得圆满成功的基础上, 为了更好地验证工具、管柱以及各工艺的可靠性和对埕岛浅海油田的适应性, 经过充分准备, 先后在滨南的林 13-6 井以及埕岛油田进行了注水管柱以及配套工艺的现场应用, 取得了较好效果。到 2001 年 2 月底, 共应用 18 井次, 其中全井合注 2 口井, 2 层分注 15 口井(其中同心双管分层注水井 4 口、单管分层注水井 11 口), 3 层分注 1 口井。18 口注水井均为油井转注, 注水层位均为馆上段油层, 井深 1500~1900m, 出砂严重, 配注水量 75~255m³/d, 管柱下井均一次获得了成功, 取得了较好效果。试验井中, 井斜度最大达 47.4°, 超过了最初设计的 45°, 能够有效地实现分层防砂、分层注水、封闭注水。初期结果表明: 分层防砂、注水一体化工艺管柱技术基本达到设计要求, 初步验证了该技术的实用性、可靠性和先进性, 可以满足埕岛浅海油田注水井分层防砂、分层注水的需要, 而且取得了较好的经济效益和社会效益。其中林中 13-6 井自 1998 年 6 月作业完井至目前已正常注水 32 个月, 地层压力得到明显恢复, 对应受效油井增油明显。

认识与结论

该项目经过 2 年多的研究, 完成了具有国际先进水平的分层防砂、分层注水一体化工艺技术。形成了具有重大推广价值的分层防砂工艺管柱、分层注水工艺管柱以及配套的测试投捞工艺技术。为浅海油田出砂油藏的分层注水提供了 1 套可靠的技术, 满足了浅海油田注水开发的需要, 保证浅海油田注水开发工作的顺利进行, 从而使出砂油田的注水合格率得到有效提高。分层注水、分层防砂工艺技术有机结合形成的一体化注水工艺技术, 是注水工艺技术上的重大突破。

(收稿日期 2001-03-04)

(修改稿收到日期 2001-05-08)

[编辑 郑秀娟]

SEPARATE LAYER RECOVERY OF SHALLOW HEAVY OIL RESERVOIR WITH STEAM INJECTION

by Wang Zuofei, Shang Changzhu, Guo Shiyang (Viscous Production Co. of Xinjiang Oilfield Co.)

Abstract The shallow heavy oil reservoirs in Karamayi Oilfield of Xinjiang Region are very heterogeneous. Steam override is serious during thermal oil recovery operations. Therefore, recovery rates in the middle and top layers of the reservoirs are relatively high, but those from the bottom layers are low. This influences the exploitation efficiency of reservoirs. To solve these problems the thermoexpansion packers combined with multi-cycle steam stimulation we used different modes of operation, including blocking the upper zones and producing the lower zones and vice versa and plugging. These techniques have been used in 124 times steam injection for more than four years. The success ratio is 93.5%, cumulative oil production has increased by 28 705 tons. Results show these techniques are simple and easy to operate.

Subject heading shallow layer viscous crude oil selective injection separate layer recovery loss circulation control technology application

WATER FLOODING PIPE STRING TECHNOLOGY USED IN CHENGDAO SHALLOW SEA OILFIELD

by Wang Zerglin, Xin Lintao, et al (Shengli Oilfield Limited Company)

Abstract Sand control and water flooding pipe string and its matching technologies include separate sand control technique, separate water flooding technique, testing pulling and running prepare technique, were introduced emphases aim at the development status of Chengdao Shallow Sea Oilfield. The special request about the technology and the water flooding project were expounded. Seventeen wells field testing were done in Shengli Oilfield, that its successful rate is 100%. The pipe string can separate layers clarity. The stimulation effect of corresponding oil well is obvious.

Subject heading Chengdao Oilfield shallow sea water flooding sand control pipe string effect

NOISE LOGGING TECHNOLOGY WITH MEMORY USING IN WATER INJECTION WELL

by Jin Youchun, Wang Yun, Song Li (Drilling and Production Technology Research Institute, Dagang Oilfield Bloc Company)

Abstract The study and application of noise logging technology using in water injection well was introduced bases on the retrospection of its technology developing. The shortage of it was pointed out. The basic characters of noise field in water injection well were analyzed. The system structure and work principle of the instrument was expound. Combine the example, the noise logging data was explained.

Subject heading water injection well downhole noise logging memory management logging equipment

TECHNOLOGY OF SALT PREVENTMENT OF W72 S_{3Z} FAULTED RESERVOIR IN WENNAN OILFIELD

by Wang Yongzhang, Min Yu, et al (Production Plant, Zhongyuan Oil and Gas Stock Limited Co.)

Abstract Salt deposition is severe in oil wells in W72 S_{3Z} faulted reservoir, and the composition of salt scale, and reason for formation of salt scale was discussed. Salt scale is composed of Na⁺, and a small proportion of Ca²⁺, Mg²⁺ and HCO₃⁻. FAP and KFN organic scale inhibitor whose mechanism of salt prevent is to change the distribution of electric charge on the surface of NaCl crystal, thus destroy the formation of crystal nucleus of NaCl, and prevent NaCl from crystallizing out of solution, by their three acyl- pedestal —O— and Na⁺, —NHR⁺ and Cl⁻ attract one another in solution. So, the main functions of salt prevention agent are to increase solubility of NaCl and to change the crystallizing type of NaCl. Lab study and field test prove the technology is simple, convenient with low cost and good results.

Subject headings Wennan oilfield chemical scale inhibition organic compounds surfactant field test

ANALYSIS OF THE FACTOR INFLUENCING WORKING CONDITION OF MENDED WELLS OF POLYMER FLOODING

by Lu Jianping, Liu Wenyu, et al (Shengli Oil Production Plant, Shengli Oilfield Limited Company)

Abstract After being the mended stage of polymer flooding in block 1, New problems of the lifting technology was put forward. This paper analyzed the influence of lifting technology by polymer flooding according to the polymer flooding pilot test data. In the light of the problem, appropriate measures have been taken, which showed obviously economical effect.

Subject heading polymer flooding well pump efficiency analysis measure

TECHNOLOGY USING IN DEEP ZONE PROFILE CONTROL

by Wang Xuemin, Ji Zhaofeng, et al (Prospect and Production Research Center, Dagang Oilfield Combine Company)

Abstract The effect mechanism of plugging big pore throat with composite material profile control system was expounded. The plugging capability of the profile control system was evaluated. The profile control efficiency is 76.5% and at the same time benefit oil well take effect rate is 60.1% after 51 wells had been done in Dagang Oilfield, which cumulative increase productivity reached 32,683 tons. The marked economic benefit was obtained.

Subject heading Dagang Oilfield deep zone plugging pore throat composite material profile control application