

同心双管注水工艺在云盘山区块的优化应用

朱苗苗¹, 张丽莎¹, 杜旭¹, 许阳², 赵丹¹, 郭文婷¹

1. 中国石油集团测井有限公司长庆分公司 陕西西安 710201

2. 中国石油煤层气有限责任公司工程技术研究院 陕西西安 710076

通讯作者: Email: zhumm.cnpc.com.cn

项目支持: 中国石油测井有限公司科研项目“云盘山区块注水井调配技术及调配周期优化研究”(FDK60122K106)

引用: 朱苗苗, 张丽莎, 杜旭, 等. 同心双管注水工艺在云盘山区块的优化应用[J]. 油气井测试, 2024, 33(6): 22-26.

Cite: ZHU Miaomiao, ZHANG Lisha, DU Xu, et al. Optimization and application of concentric double-pipe water injection process in Yunpanshan block [J]. Well Testing, 2024, 33(6): 22-26.

摘要 云盘山区块 S123-DP10 井区储层物性差、非均质性强, 现阶段见水井多、无法形成有效的驱替网络, 为进一步提升区块的注水效果和测调成功率, 在研究区开展同心双管分层注水工艺研究。同心双管测试工艺具有内外管两套注水系统, 利用单向连通器和双作用插管实现分层配注, 通过井口配注, 不需要投捞水嘴, 缩短测调时间, 在大斜度井和水平井也能应用。但由于管柱内径小, 传统测试工艺注入剖面测试成功率低, 通过改进仪器内径, 使用胶囊同位素、光纤测井等方法提高测试成功率至 67.86%。2019~2023 年在西南产建区共投产 47 井次, 完成吸水剖面测试 13 井次, 均达到配注要求。该技术有效地提升了研究区注水开发效果, 解决了因水嘴、遇阻等问题造成无法测调的难题, 降低了施工成本。

关键词 云盘山区块; 同心双管; 分层注水工艺; 测调成功率; 注水开发; 光纤监测; 胶囊同位素

中图分类号: TE357.6 文献标识码: B DOI: 10.19680/j.cnki.1004-4388.2024.06.004

Optimization and application of concentric double-pipe water injection process in Yunpanshan block

ZHU Miaomiao¹, ZHANG Lisha¹, DU Xu¹, XU Yang², ZHAO Dan¹, GUO Wenting¹

1. Changqing Branch, China National Logging Corporation, Xi'an, Shaanxi 710201, China

2. Petrochina CBM Institute of Engineering Technology, Xi'an, Shaanxi 710076, China

Abstract: The well area S123-DP10 in Yunpanshan block has poor physical properties and strong heterogeneity. At present, there are too many wells to form an effective displacement network. In order to further improve the water injection effect and the success rate of measurement and deployment in the block, the concentric double-pipe stratified water injection process is studied in the study area. The concentric double-pipe test technology has two sets of water injection system with internal and external pipes, and realizes stratified injection by using one-way connector and double-acting intubator. The injection is distributed through the wellhead, which does not need to drop and catch water nozzle, and reduces the measurement and adjustment time. It can also be applied in highly inclined wells and horizontal wells. However, due to the small inner diameter of the pipe column, the success rate of injection profile test by traditional testing technology is low. By improving the inner diameter of the instrument, using capsule isotope and optical fiber logging methods, the success rate of the test is increased to 67.86%. From 2019 to 2023, a total of 47 wells were put into production in the southwest production and construction area, and 13 wells of water absorption profile test were completed, all of which met the injection distribution requirements. This technology can effectively improve the effect of water injection development in the study area, solve the problem that can not be measured and adjusted due to problems such as water nozzle and resistance, and reduce the construction cost.

Keywords: Yunpanshan block; concentric double tube; stratified water injection technology; measurement and commissioning success rate; water injection development; optical fiber monitoring; capsule isotope

云盘山区块位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡的中北部, 属于三角洲前缘水下分流河道控制的岩性油藏, 储层非均质强^[1-3]。区域自 2002 年开发至今,

历年调配、吸水测试遇阻率较高, 测试及动态监测平均作业成功率 51.3%, 一方面是部分井路况差、井况差(注污水)、井下配水器堵住等; 另一方面是

因为在注水井调配施工期间,由于井下工具(测调仪、验封仪)遇阻、遇卡、注水井注水流量不稳、仪器故障、空跑等原因,导致调配作业失败,难以有效监测分层注水效果,进而导致分层注水的有效性降低,难以达到分层注水的目的,同时影响产量。研究区的注水工艺主要经历了偏心分注、同心分注、数字式智能分注等工艺技术,在一定程度上提升了注水开发效果,为了进一步提高注水效率,在研究区内开展同心双管分层注水工艺技术研究,该工艺从小内径油管 and 内外管环空分别注入,在井口进行配注,不需要进行调配^[4],提高了注水效率,王彦兴等^[5]、曹力元^[6]、胡改星等^[7]、任从坤等^[8]、薛清祥等^[9]、宿腾飞等^[10]、齐春民等^[11]通过研究,同心双管分层注水工艺在靖安油田、苏北气田、海上大斜度井、延长油田、胜利油田均取得了较好的应用效果,提高了采收率,降低测试费用。由于同心双管内径小,传统测试工艺进行测试比较困难,因此急需改进工艺、测试技术,提高同心双管吸水剖面测试成功率。

1 同心双管分注技术原理与测试工艺改进

同心双管管柱相对于常规管柱,管径小,常规仪器无法进行测试,因此针对同心双管管柱,进行了工艺改进,取得较好的测试效果。

1.1 同心双管分注技术原理

同心双管采用不同直径的油管同心下井分注,实现内管和内外管环空、油套环空三个独立通道,通过内外管环空和小内径油管^[12-13]分别注水,在井口完成配注,无需下入仪器进行测调,同心双管管柱结构如图1所示。

同心双管管柱主要由内管和外套组成,分别从内管和内外管环空进行注水。内层 48.26 mm 管柱,自上而下分别为预置工作筒、伸缩管和双作用插管;外层 88.90 mm 管柱自上而下为 Y341 封隔器、单向连通器、Y341 封隔器、插管连通器、丝堵。

1.2 同心双管分注技术测试工艺改进

同心双管分注技术能有效提高分层配注测试成功率,减少仪器下井次数。为了进一步了解井下剖面吸水情况,针对同心双管内径小,传统吸水剖面仪器测试遇阻、无法下入等多种情况,通过改进仪器内径,使用胶囊同位素、光纤测井等测试方法提高同心双管吸水剖面测试成功率。

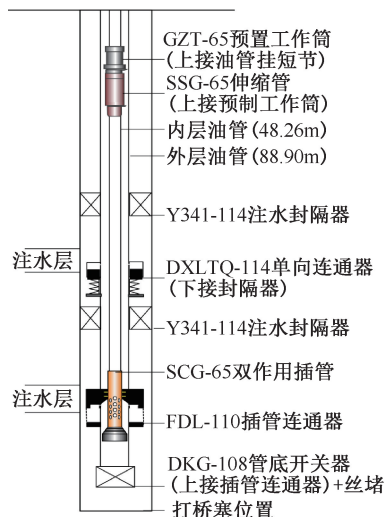


图1 同心双管管柱结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of concentric double pipe column structure

(1) 现场测试概况

优选研究区块 S123-DP10 西南产建区开展同心双管分层测试工艺研究,分析适用性。2019~2022 年共投产 47 井次,全部施工成功,完成吸水剖面测试 13 井次,其中 15 井次因为遇阻等原因无法进行测试。具体情况见表 1。

表1 研究区域同心双管测试情况简介
Table 1 Introduction to concentric double pipe testing in the study area

施工井次/口	47
吸水剖面测试井次/口	13
遇阻井次/口	15
未测试井次/口	19

其中遇阻原因主要是井口遇阻、工具下深不够、工具损坏、内管同位素不运移等。针对测试中的问题,优选外径 26 mm 的小井径测井仪,胶囊同位素,光纤测井等测试方法提高同心双管吸水剖面测试成功率。

(2) 测试仪器改进

同心双管内管有普通钢管和玻璃钢管^[14],内径 38~40 mm,普通的仪器外径为 38 mm,无法进行测试,在研究区选用中油测井 $\Phi 26$ mm 四参数组合测井仪和流量测井仪,性能较 JLS28 (国内)仪器有提升,具体参数见表 2。

(3) 胶囊同位素

由于内外管环空空间较小,一般在 14~28 mm,常规胶囊 17 mm \times 34 mm,投放后无法正常在环空中运移。本文采用小规格 5 mm \times 14.5 mm 胶囊进行分装,避免胶囊颗粒过大造成的无法下井难题^[15]。

表2 26 mm 测井仪器参数简介

Table 2 Introduction to parameters of 26 mm logging instrument

仪器名称	参数	QPLT26266 (中油测井)
四参数组合测井仪	外径	Φ26 mm
	耐温	175 ℃
	耐压	100 MPa
	测量参数	井温、压力、含水、流量
流量测井仪	井温测量范围、精度、分辨率、响应时间	0~175 ℃, ±1 ℃, 0.01 ℃, <0.5 s
	压力测量范围、分辨率、精度	0~60 MPa, 0.01 MPa, ±0.06 MPa
流量测井仪	方式	涡轮式、10 脉冲/转

2 应用效果分析

两项工艺改进后,满足研究区同心双管管柱测试,其中同心双管管柱封隔器是否密封,对于解释结果影响较大,因此解释时,将封隔器是否密封作为一个解释的依据。

2.1 封隔器密封

(1) 正常分注井解释

与普通管柱吸水剖面一样,采用流量与同位素包络面积进行解释,图2为正常分注井L463-20井,解释方法与常规同位素解释方法一致。

(2) 两口合注井解释

同心双管吸水剖面测试时,分别释放同位素,测试各层吸水状况,解释时按照两个合注进行解释。图3为L463-20在早期解释时采用的分层释放、合层解释的成果图。

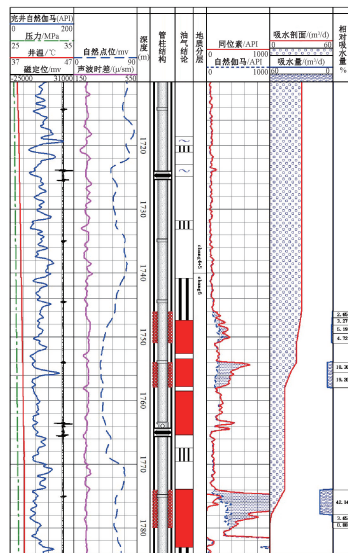


图2 L463-20井吸水剖面成果图(2023)
Fig. 2 Water injection profile results of L463-20 well (2023)

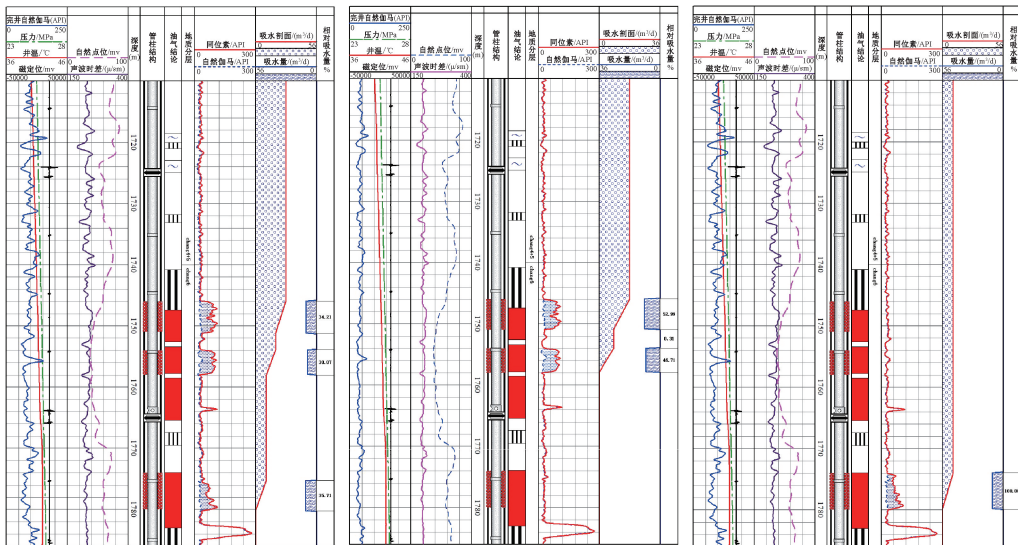


图3 L463-20井吸水剖面成果图(2020)
Fig. 3 Water injection profile results of L463-20 well (2020)

2.2 封隔器失效

封隔器失效后,内外管形成一个联通的系统,整体按照合注进行解释,以同位素包络面积进行

分层解释。以L459-20为例(见图4),该井上层配注量 $15 \text{ m}^3/\text{d}$,下层配注量 $10 \text{ m}^3/\text{d}$,解释成果见表3。

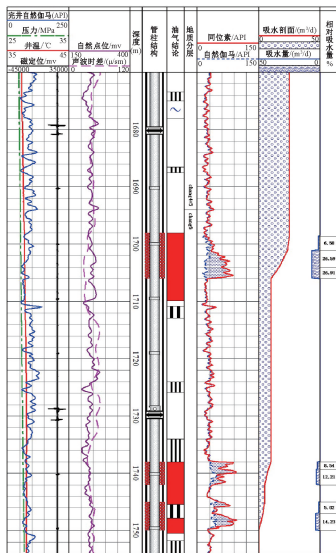


图 4 L459-20 井吸水剖面成果图

Fig. 4 Water injection profile results of L459-20 well

表 3 同位素解释结果表

Table 3 Isotope interpretation results table

层位	吸水层段/m	相对注入量/%	绝对注入量/ (m ³ ·d ⁻¹)
长 6 ₁ ²	1 698.6~1 701.1	6.50	1.63
	1 701.1~1 704.0	26.59	6.65
	1 704.0~1 706.0	26.91	6.73
长 6 ₂	1 738.0~1 739.3	8.54	2.14
	1 739.3~1 742.0	12.21	3.05
长 6 ₂	1 745.0~1 747.0	5.02	1.25
	1 747.0~1 750.0	14.23	3.56

该井封隔器失效,造成各层段无法达到配注量。2023 年进行分布式光纤测试(见图 5),经过三年的生产、整改,整体保持均匀吸水。

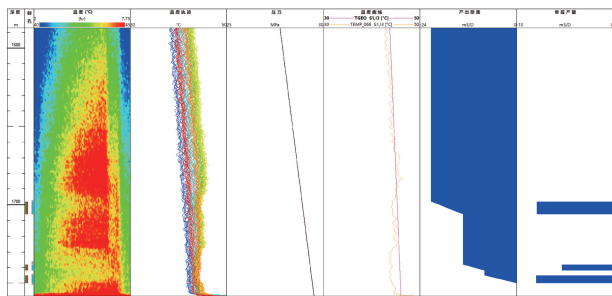


图 5 L459-20 井 DTS 注入剖面成果图

Fig. 5 DTS injection profile results of L459-20 well

该井在 2023 年配注量是内管 14 m³/d,外管 8 m³/d,从 DTS 测试成果得到外管吸水量 7.92 m³/d,误差 1%;内管吸水量 13.28 m³/d,误差 5.14%,均能在误差范围内(误差不高于 10%为配注合格)(见表 4),L459-20 于 2019 年 10 月 2 日同心双管投注,经过四年的生产,误差量仍保持在 10%以下,说明同心双管管柱在生产过程中,能较好保持配注量,

误差小,可以有效进行分层注水,减少测调次数。

表 4 L459-20 井 DTS 解释结果表

Table 4 DTS interpretation results of L459-20 well

层位	射孔段/m	绝对吸水/(m ³ ·d ⁻¹)	相对吸水量/%
长 6 ₁ ²	1 698.0~1 706.0	7.92	37.36
长 6 ₂	1 738.0~1 742.0	5.31	25.05
长 6 ₂	1 745.0~1 750.0	7.97	37.59

2.3 研究区域测试成果分析

经过注入剖面技术改进与解释方法优化后,区域测试同心双管注入剖面测试成功率提高至 67.86%,具体情况见表 5。

表 5 近年测试成功率对比表

Table 5 Comparison of test success rates in recent years

年份	测试井次/口	测试成功井次/口	成功率/%
2021~2022	47	11	23.40
2023	28	19	67.86

3 结论

(1)同心双管管柱进行吸水剖面测试,通过使用分布式光纤技术、小直径测试仪器,改良尺寸的胶囊同位素,取得了良好的测试效果,整体测试成功率提高至 67.86%。

(2)同心双管管柱中封隔器是否密封对于测试和解释结果影响较大,因此封隔器的性能提高有利于同心双管技术的推广。

(3)同心双管因管柱内径较小,遇阻率较高,在以后的测试中,需要研发更适用的测试仪器,确保该项工艺进一步推广应用。

致谢:感谢中油测井长庆分公司解释评价中心领导和同事在论文修改和数据统计等方面的帮助。

参考文献

[1] 杨锋,范俊强,淡卫东,等. 大路沟二区延长组长 6 段沉积相与沉积模式[J]. 断块油气田, 2011, 18(5): 552-555.
 YANG Feng, FAN Junqiang, DAN Weidong, et al. Sedimentary facies and model of Chang 6 member of Yanchang formation in Dalugou district 2[J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2011, 18(5): 552-555.

[2] 唐蕾. 大路沟二区长 6 油藏开发中后期精细油藏描述[D]. 北京:中国石油大学(北京), 2018:14-15.
 TANG Lei. The fine description of Chang 6 reservoir in the middle and late stage of the development of the Dalugou second district, Jing' an oilfield [D]. Beijing: China University of Petroleum (Beijing), 2018:14-15.

[3] 王玲,王锴,杨启桂,等. 精细分层注水技术在大路沟二

- 区的应用及效果评价[C]//第十届宁夏青年科学家论坛石化专题论坛论文集. 宁夏银川:《石油化工应用》杂志社, 2014: 3.
- WANG Ling, WANG Kai, YANG Qigui, et al. Application and effect evaluation of fine stratified water injection technology in Dalugou district 2 [C]//Proceedings of the 10th Ningxia young scientists forum on petrochemical forum. Yinchuan, Ningxia: Petrochemical Application Magazine, 2014:3.
- [4] 谢永全. 同心双管分层注水工艺在油田的应用[J]. 江汉石油职工大学学报, 2022, 35(2): 18-20.
- XIE Yongquan. Application of separate-layer water injection technology in oilfield [J]. Journal of Jiangnan Petroleum University of Staff and Workers. 2022, 35 (2): 18-20.
- [5] 王彦兴, 牛遼, 陈腾飞. 长庆油田同心双管数字式分注工艺技术研究[J]. 辽宁化工, 2020, 49(11): 1444-1447.
- WANG Yanxing, NIU Kui, CHEN Tengfei. Study on the concentric double-tube digital separate injection technology in Changqing oilfield [J]. Liaoning Chemical Industry, 2020, 49 (11): 1444-1447.
- [6] 曹力元. 苏北油田 CO₂ 驱油同心双管分层注气技术[J]. 石油钻探技术, 2022, 50(4): 109-113.
- CAO Liyuan. Concentric dual pipe layered gas injection technology for CO₂ flooding in Subei oilfield[J]. Petroleum Drilling Technology, 2022, 50 (4): 109-113.
- [7] 胡改星, 于九政, 杨玲智, 等. 靖安油田地面数字式插管分层注水技术研究与应用[C]//2017 IPPTC 国际石油石化技术会议论文集. 陕西西安: 陕西省石油学会, 2017: 8.
- HU Gaixing, YU Jiuzheng, YANG Lingzhi, et al. Research and application of surface digital intubation stratified water injection technology in Jing'an oilfield [C]//Proceedings of the 2017IPPTC International Petroleum and Petrochemical Technology Conference. Xi'an, Shaanxi: Shaanxi Petroleum Society, 2017: 8.
- [8] 任从坤, 宋辉辉, 魏新晨. 海上油田大斜度井同心双管注水技术[J]. 石油钻采工艺, 2019, 41(1): 96-100.
- REN Congkun, SONG Huihui, WEI Xinchun. A new water injection technology of concentric dual string in high-angle deviated wells of offshore oilfields[J]. Petroleum Drilling and Production Technology, 2019, 41 (1): 96-100.
- [9] 薛清祥, 王大兴, 刘常军, 等. 同心双管水力气泵排采气工艺[J]. 油气井测试, 2013, 22(5): 45-47.
- XUE Qingxiang, WANG Daxing, LIU Changjun, et al. Concentric double tube hydraulic gas pump gas extraction process[J]. Well Testing, 2013, 22 (5): 45-47.
- [10] 宿腾飞, 金立群, 卢明昌. 玻璃钢油管在同心双管分层注水工艺中的应用[J]. 管道技术与装备, 2023, 1(1): 30-32.
- SU Tengfei, JIN Liqun, LU Mingchang. Application of FRP oil pipeline in concentric two-tube layered water injection process[J]. Pipeline Technique and Equipment, 2023, 1 (1): 30-32.
- [11] 齐春民, 刘刚, 高腾飞. 同心双管分注工艺在延长油田的应用[C]//2023 油气田勘探与开发国际会议论文集 II. 陕西西安, 陕西省石油学会, 2023: 6.
- QI Chunmin, LIU Gang, GAO Tengfei. Application of concentric double-pipe injection separation process in Yanchang oilfield [C]//2023 International Conference on Exploration and Development of Oil and Gas Fields II. Xi'an, Shaanxi, Shaanxi Petroleum Society, 2023: 6.
- [12] 王立伟, 曹嘉辰. 可钻封隔器同心双管分注工艺研究与应用[J]. 机械工程师, 2023, 4(1): 52-54.
- WANG Liwei, CAO Jiachen. Drillable packer research and application of concentric double pipe separate injection process [J]. Mechanical Engineer, 2023, 4 (1): 52-54.
- [13] 王立伟. 可钻封隔器设计及同心双管分注系统研究[D]. 西安: 西安石油大学, 2023: 7-11.
- WANG Liwei. Design of drillable packer and study of concentric double pipe injectionseparation[D]. Xi'an, Xi'an University of Petroleum, 2023: 7-11.
- [14] 施明华, 王艳珍, 李宝林, 等. 海上油田同心双管分层注水工艺研究与应用[J]. 石油机械, 2023, 39(5): 70-74.
- SHI Minghua, WANG Yanzhen, LI Baolin, et al. Research and application of concentric dual pipe layered water injection technology in offshore oil fields [J]. China Petroleum Machinery, 2023, 39 (5): 70-74.
- [15] 魏宝军, 裴阳, 杨帅, 等. 同心双管注入剖面测井技术在长庆油田的应用[J]. 测井技术, 2023, 47(1): 86-92.
- WEI Baojun, PEI Yang, YANG Shuai, et al. Application of concentric double tube injection profile logging technology in Changqing oilfield [J]. Logging Technology, 2023, 47 (1): 86-92.

编辑 程莹

第一作者简介: 朱苗苗, 女, 1986 年出生, 工程师, 硕士研究生, 2012 年毕业于西安石油大学矿物学、岩石学、矿床学专业, 现主要从事生产测井解释研究工作。电话: 029-86020003。Email: zhumm.cnlc@cnpc.com.cn。通信地址: 西安市高陵区泾河工业园方元大厦, 邮政编码: 710201。