

大庆油田高含水后期细分注水工艺技术

袁铁燕 王修利 张传军 李珠玲 杨万友

(大庆石油管理局)

摘要 介绍了大庆油田高含水后期细分注水技术与实践,对“两小一防”(小夹层、小卡距,防止在测压时封隔器上部高压向低压层窜动)细分注水技术和液力投捞细分注水技术从管柱的结构、井下工具原理、性能、参数以及配套技术的应用等方面进行了比较系统的阐述。实践证明,该项技术的研究与应用,提高了可采储量的动用程度,产生了巨大的经济和社会效益。

主题词 大庆油田 高含水期 分层注水 工艺 技术

作者简介 袁铁燕,1948年生。1971年毕业于东北石油学院,一直从事采油工程工作,高级工程师。王修利,1956年生。1986年毕业于大庆石油学院,一直从事采油工程工作,采油工程师。

大庆油田从1964年初进行分层注水工艺技术的研究,针对开发初期注水层段划分单一、层数较少的特点,研究应用了745—4、745—5和475—8等封隔器组成的固定式分层配水工艺技术,通过控制高渗透层,加强其它层段的注水,有效地保持了地层压力,控制了油田含水上升过快的局面。

进入中高含水期后,原有的分层注水工艺已不能适应油田发展的需要,又进一步研究应用了由压缩式封隔器与偏心配水器组成的偏心配水工艺技术,同时加强中、低渗透层的增注工艺技术的研究与应用,有效地保证了油田的长期高产稳产。

一、两小一防细分层注水管柱

90年代初,大庆油田的综合含水已达78.96%,基础井网综合含水高达86.31%,油田进入高含水后期开采阶段,调整挖潜的对象由高渗透层转向低渗透薄差层。为进一步将薄差层从原来划分的层段中解放出来,提高其吸水能力,提高储量的动用程度,解决原有的投捞测试工艺对偏心配水器间距8m的限制,研究应用了“两小一防”细分注水工艺技术。“两小一防”指的是小夹层、小卡距、防止在测压时封隔器上部高压层向底部低压层窜动。从细分注水管柱及相应的测试技术两个方面进行了技术攻关,使两级偏心配水器的间距由8m缩短到2m,封隔器的卡距由原来的1.5m缩短到0.8m,在1口井内最多可分9个层段注水,满足了油田细分层注水的需要。

据杏北油田地质资料统计,199口分层井限制层和停注层段内的1001个小层中,由于原细分注水工艺的局限性,目前多陪进限制和停注层段内的小层有538个,砂岩厚度361.2m,有效厚度106.8m,如果采用细分注水管柱可解放出405个小层,砂岩厚度276.1m,有效厚度87.8m。所以该项技术的成功应用为油田的稳产提供了可靠的技术保证。

1. 该管柱的结构及技术原理 该管柱主要由超短式可洗井封隔器、665—4 I型配水器、

665—4 I 型配水器、筛管和挡球组成。技术原理是根据地质方案,将封隔器和配水器连接,如果 2 个配水器之间距离在 4m 以内,上边的用 I 型,下边的用 II 型配水器,下到预定位置即可打压释放封隔器,之后就根据配水量进行调试、正常放水。其特点为:该管柱的配水器是根据 665—2 配水器改进的,比原来的工具短,并可将 3 个封隔器和 2 个配水器分别连接,不需要油管短节,2 个配水器之间距可达 2m,常规的投捞测试技术对该堵塞器的投捞和分层测试不影响,因为在偏心器上装有特殊滑道和正、反两种导向,可实现不动管柱任意调换井下水嘴和进行分层测试,能大幅度降低注水井调整和测试作业工作量,而且测任意层段注水量时,不影响其它层段注水。主要工具的技术参数见表。

两小一防注水管柱主要工具的技术参数

项 目	最大长度 (mm)	最大直径 (mm)	最小通道 (mm)	释放压力 (MPa)	承受压差 (MPa)
封隔器	827	114	54	15	17
配水器	730	114	46	/	20

2. 封隔器的工艺原理及特点 根据地质方案,将封隔器和配水器按方案连接好(2 个封隔器、中间 1 个配水器可直接连接,2 个封隔器最小距离可达 2m),下入到预定深度,用水泥车正打压释放封隔器,压力通过中心管的水眼进入封隔器的活塞腔,推动密封活塞、弹簧、洗井活塞,释放活塞上行,同时带动工作筒上行,压缩胶筒,使胶筒封隔住油套环形空间,同时 2 个硫化橡胶的胀环也胀封,辅助胶筒封隔油套环形空间,并保护胶筒不受层间压差的影响,提高密封率。当胶筒压缩到密封程度时,工作筒卡在卡簧上不能上、下移动,封隔器处于工作状态。

(1)洗井。首先关闭注水闸门,打开套管闸门注入高压水,使每个封隔器的上、下洗井活塞打开,高压水经过每个封隔器的洗井通道从底部挡球进入油管,再从油管返出地面,洗井排量 $25\text{m}^3/\text{h}$,洗井压力不超过 10MPa;当洗井结束后,再把流程倒过来,从油管注水,当油管压力高于套管压力时上洗井活塞关闭,即可正常注水。

(2)卸压。当需要更换管柱时,只要上提油管,就可拉断卸压销钉,封隔器卸压,整个管柱就可顺利起出。

(3)特点。该封隔器的整体设计具有比较独特的结构,在胶筒结构和辅助胀环都有其独到之处,胶筒结构是由 1 个密封胶筒和 2 个带有硫化橡胶的胀环组成,洗井活塞的结构是在钢体上硫化 1 层橡胶作为密封环,使整体密封性能得到了提高。该封隔器的最大长度为 827m,比其它可洗井封隔器短了约三分之一。能缩短的原因是胶筒只有 1 个,压缩距缩短,肩部保护的 2 个胀环分别和上调节环、释放活塞直接连接。另一个特点是在测试时,油管放空,油层压力高于封隔器以上井段的压力,这时上洗井活塞不起作用,而下洗井活塞在油层压力的推动下又关闭洗井通道,使油层压力不能从套管里放出。这时 2 个洗井活塞分别受控于油压和套压,形成互为自锁的特点,成为一种不能从套管里反吐的单流阀式的可洗井封隔器,可大大提高注水井测试密封合格率。

3. 665—4 配水器工作原理及测试工艺 665—4 配水器分为 I 型和 II 型两种,它是在 665—2 配水器的基础上改进的,具有原配水器的优点,原投捞器和测试系统基本不变,方法也

与原来相同,但测试时需要下两次仪器,一次测 I 型、一次测 II 型。因 2 个 665—4 配水器在连接时最小距离可达 2m,为投捞和测试不受影响,主要是将下接头处的导向体分为两种,一种导向体开口与堵塞器安装的方向相同,并在下接头的上部安装一种与堵塞器成 90°的 2 个滑块,这种配水器为 665—4 I;另一种导向体与堵塞器的安装方向相反,并在下接头的上部安装一种与堵塞器成 0°和 180°的 2 个滑块,这种配水器为 665—4 II。这样在投捞和测试时就需要投捞器和密封段的导向体与井下的配水器相同,投捞器和测试密封段基本上不变,使原投捞器和测试密封段的导向体具有可调整方向的功能,即 I 型的投捞器为原投捞器,导向体与打捞头方向相同。II 型的投捞器是将导向体转动 180°,导向体与打捞头方向相反。测试密封段也分为 I 型和 II 型, I 型测试密封段为原来的测试密封段,双卡片和导向体在同一条线上, II 型测试密封段是将原来的测试密封段的导向体转角 90°,双卡片和导向体成 90°。这样在投捞和测试时用相对的仪器即可顺利投捞和测试。

4. 现场试验效果 两小一防细分注水管柱所测试投捞需要的配水器间距由 8m 缩短到 2m,隔层厚度由 1.5~2m 缩小到 0.6m,到 1997 年底,两小一防细分注水管柱共下井 95 口。对比 32 口井的注水层段,平均单井配注层段由 3.65 个提高到 5.81 个,验封 25 口井 82 层段,全井密封率 84%,层段密封率 92.7%。对比 19 口井的同位素吸水剖面资料,与细分前对比可解放陪进限制和停注层段内的小层 59 个、砂岩厚度 80.4m,有效厚度 38.5m,平均单井分别为 3.1 个、4.23m、2.03m。

为了试验该管柱在多级分层情况下的适应性,1997 年 6 月在杏北油田下入 2 口 9 级 9 段井,杏 6—2—26 和杏 4—4—丙水 323 井细分后注水层段达到 9 级 9 段且层层密封。

根据近几年现场试验,该管柱完全适用于 $\varnothing 140\text{mm}$ 套管井 9 个层段以下的分层注水。最小偏心距可控制在 2m,可实现小卡距的细分注水,为稳油控水提供了可靠的技术保证。

二、液力投捞可调层分层注水工艺技术

液力投捞可调层分层注水就是针对缩短分层注水管柱卡距而研制的。它采用集成式堵塞器、液力投捞方式,不仅一次可完成 3 个层段注水量的调整与测试,而且可将最小卡距缩短至 2~3m,实现小卡距的细分注水管柱,原来测调 3~4 个层段需 3d 以上,目前最短只需要 1d,达到了细分的目的,提高了工作效率。

近 2 年,在大力推广 2 级 3 段液力投捞细分注水技术的基础上,又研究了 4~7 段液力投捞细分注水技术,使该技术达到了一个新水平。

1. 分层注水技术原理及实施方法^[1] 液力投捞一次测调多层分层注水管柱是由 DQY141—114 型扶正式可洗井封隔器、液力投捞配水器、连通器及丝堵等组成,在《一次投捞可调三层分层注水工艺技术》(石油钻采工艺,1997 年第 3 期)一文中,作者详细介绍了该管柱及其工艺原理、分层测试技术、工艺特点及现场应用效果。对于 4~5 个层段注水井,与前者原理一致,只是需要下入两级液力投捞配水器,采用液力投捞方式,将两级配水器分别冲出。

2. 现场试验效果 这种新型分注方式自 1994 年开始研究以来,在大庆油田的各个采油厂、辽河及华北二连油田现场试验 80 多口井,结果表明该工艺是可行的。在试验过程中,主要对液力投捞、钢丝投捞及测试进行了试验。

在液力投捞配水器时地层有溢流的情况下,洗井排量为 $0.11\text{m}^3/\text{d}$,经 10min 后,上级配水

器被冲出,又经15min后下级配水器被冲出。经30余口井的试验,液力投捞成功率达100%,成功地实现液力投捞。统计25口井细分注水井周围受效的25口油井,细分前后对比共累计增油10000t,见到了明显的效果。其特点为:

在钢丝投捞配水器时,将加重杆、振荡器及卡瓦打捞头联好下入,结果一次就获得成功;

采用浮子流量计进行测试,同样实现了液力投捞,并获得了合格的流量测试资料;

应用电子储存式压力计验封资料,为地质分析提供了依据。

通过现场试验证明,在细分注水井上采用液力投捞同样可实现,液力投捞细分注水技术及测试技术原理是可行的。

三、结论

大庆油田高含水后期的细分注水工艺技术,为油田稳油控水目标的实现起到了积极的促进作用,两小一防细分注水技术、液力投捞分层注水技术为油田的二次创业提供了一项技术保障,实践证明,该项技术能够有效地增加可采储量的动用程度,具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- 1 李珠玲等.一次投捞可调三层分层注水工艺技术.石油钻采工艺,1997,19(3):103~104

(收稿日期 1998-05-18)

(修改稿收到日期 1998-07-27)

[编辑 郑秀娟]

请到邮局订阅 1999 年度《钻采工艺》

《钻采工艺》是由四川石油管理局主管,钻采工艺技术研究院主办的国内外公开发行的技术类刊物。读者对象是我国石油、地矿行业的科技人员、院校师生、管理干部和技术工人。主要报导石油天然气钻井、开采领域的最新工艺技术、研究成果、科研动态、现场经验以及国内外钻采科技的新动向。辟有钻井工艺、开采工艺、钻采机械、油田化学、生产线上、科技简讯等栏目。

《钻采工艺》为双月刊,大16开本,每期定价7元,全年42元。国内统一刊号:CN51-1177/TE 国际标准刊号:ISSN1006-768X。

《钻采工艺》已交邮局发行,邮发代号:62-42。请新、老订户到当地邮局(所)订阅。漏订者请直接汇款到《钻采工艺》编辑部办理邮购。

地 址:四川省广汉市中山大道南二段《钻采工艺》编辑部

电 话:(0838)5240604-251343

邮 编:618300

water plugging technologies at high water cut stage in Daqing Oilfield, especially the principles of technologies developed since 1990: sliding sleeve measuring—plugging technology, suspension mechanical subdivision water plugging technology, hydraulic multi—layer water plugging technology and hydraulic slide rail three—layer water plugging technology. This paper also makes a preliminary discussion to the developing prospect and direction of mechanical water plugging technologies.

Subject heading Daqing oil field mechanical water plugging separate layer water plugging automatic control adjustment layer series technique

RESEARCH AND APPLICATION OF SUBDIVISION WATER INJECTION TECHNOLOGIES AT LATE HIGH WATER CUT STAGE IN DAQING OILFIELD

by Yuan Tieyan, Wang Xiuli, Zhang Chuanjun, Li Zhuling, Yang Wanyou

Abstract This paper introduces the research and application of subdivision water injection technology at late high water cut stage in Daqing Oilfield. This paper systematically describes the “one small and one prevention (small intercalation, small stuck distance and prevention the interporosity flow when pressure measurement)” and hydraulic bailing subdivision water injection technologies in terms of string structure, downhole tools working principles, properties, parameters and the application of matching techniques. Field test proved that the technologies had increased the producing degree of recoverable reserves, and had resulted in great economic and social benefits.

Subject heading Daqing oil field high water cut stage separate layer water injection technology technique

RESEARCH AND APPLICATION OF TECHNOLOGY FOR ESTABLISHING SHORT AND WIDE FRACTURES

by Hu Bozhong, Zhang Youcai, Xiang Rongcheng, Yao Haijing

Abstract This paper introduces the research and field application of technology for establishing short and wide fractures in terms of parameters optimization, horizontal fractures desanding, fracturing fluid, high sand ratio string and so on. Fracture parameter theory presents the optimum fracture penetration ratio and flow conductivity of different well pattern and at different formation conditions, and thus provides quantitative theoretical basis for fracturing technology of short and wide fractures; high sand ratio string, with its peculiar structure and performance, has met the technological requirements such as high sand ratio, fracturing multilayers with 1 string trip, capable of reverse clean—up and so on, and thus provides necessary technical support for the implementation of short and wide fractures technology. Field test has proven that this technology can control the radius of fracture within 19 ~ 25 m, can make the propping width of the fracture attain 2.5 times of the conventional