

基于动用程度分析水平井分段注汽技术研究

张玲

中油辽河油田曙光采油厂

DOI:10.12238/jpm.v3i7.5137

[摘要] 杜48杜0组水平井自2011年开始投入生产,截止2022年6月,开井18口,累产油16.4万吨,采油速度0.4%,采出程度仅7.78%。目前杜48杜0组水平井大多处于1—10周期,个别井进入15—19周期,平均周期10.5,多轮次后周期产量递减大,并且普遍存在水平段吸汽不均匀的问题,严重影响了该区块的开发效果。受水平段储层渗透率差异、含水率上升过快和水平段长度较长温度压力变化大等因素的影响,根据区块温压剖面测试结果,水平井热采还具有较大的提升空间,对有效动用此类稠油和完善稠油开发技术具有重要意义。

[关键词] 温压剖面; 动用程度; 水平井; 分段注汽

中图分类号: O782+.2 **文献标识码:** A

Research on subsection steam injection technology of horizontal well based on use degree

Ling Zhang

Shuguang Oil Production Plant of CPC Liaohe Oilfield

[Abstract] Du 48 Du 0 group horizontal well has been put into production since 2011. By June 2022, 18 Wells have been opened, producing 164,000 tons of oil, the oil production speed of 0.4%, and the extraction degree of only 7.78%. At present, most of the horizontal Wells of Du 48 Du 0 group are in the 1–10 cycle, and some Wells enter the 15–19 cycle, with an average cycle of 10.5. After the cycle of multiple cycles decreases greatly, and the problem of uneven steam absorption in the horizontal section is widespread, which seriously affects the development effect of this block. Due to the difference of reservoir permeability in the horizontal section, the rapid increase of water content and the large change of temperature and pressure for the long horizontal section length, according to the test results of the temperature and pressure profile of the horizontal section, the thermal production of the horizontal well also has a large space for improvement, which is of great significance to the effective use of such heavy oil and the improvement of the development technology of heavy oil.

[Key words] temperature and pressure profile; degree of use; horizontal well; section steam injection

1 概况

杜48块杜0组位于辽河断陷西部凹陷西斜坡中段,开发目的层为杜家台油层杜0组,发育杜₀₁、杜₀₂¹、杜₀₂²、杜₀₃¹、杜₀₃²五个小层,油层厚度最大36.2m、最小1.2m,储层发育连续性较差。储层粒度中值0.164mm,分选系数1.8,泥质含量11.7%,胶结类型以孔隙式和接触式为主,胶结程度较差,孔隙度平均26.0%,渗透率平均350mD。该区块从2011年开始投产,目前共有水平井31口,地质储量211万吨,采油速度0.4%,采出程度7.78%,具有采出程度低、低产能井多、水平段动用不均问题突出等特点,导致开发矛盾突出、产能水平低迷。

受油藏非均质性影响,杜48杜0组水平井的水平段动用不均问题突出,统计区块31口水平井效果发现,杜₀₂²组井温在120℃以上的井段占比最高,为23.3%,平均周期产量为926吨,在5个小

层中平均周期产量最高;而杜₀₁和杜₀₂¹组井温在120℃以上的井段占比最低,分别为0%和1.6%,平均周期产量分别为554吨和489吨,在5个小层中平均周期产量最低。这说明动用好的井段所占比例太低,直接影响了周期产油量。

为此,我们通过运用微温差测试技术,调整优化配注位置及注汽参数,改善吸汽剖面,从而指导热采水平井开发,并在油藏认识清楚的前提下,针对水平段较长,油藏物质基础好的井实施分段注汽和选配注,实现水平井均匀动用。

水平井分段注汽,顾名思义就是将油井的水平段通过封隔器卡层,根据渗透率差异选择合理的注汽参数,将井筒内的蒸汽分成多个独立的蒸汽进入地层的通道,变成多个独立的蒸汽腔,这种方式加热原油开采,能够避免渗透率级差的影响,大幅度提高油藏采收率。这就需要在注汽前对油藏展开精细的评价,

根据油藏特点选择合理的注汽管柱,进行注汽参数的优化,真正实现按需注汽,通过这种注汽方式的改变,提高调整吸汽剖面,改善注汽效果。根据开采方式不同,我们细分为以下三种形式。一是选层注汽,这种方式就是根据油井的生产矛盾,将汽窜层、出水层、动用差的层避让,选择潜力层,通过封隔器实现单层注汽,这种选取一段的注汽方式有利于缓解油井生产矛盾,进一步提高油层纵向的采收率。二是多段注汽,这种方式也是通过封隔器来实现,采用一级两段、或者两级三段、多级多段的方式,目前两级三段应用日趋成熟,根据油藏纵向上渗透率的差异,选择合理的注汽量,通过下入注汽调配阀在稠油热采过程中能够实现动态调配。在地面采用一套注汽系统就能够实现,但是水平段渗透率差异过大也会导致注汽系统不稳定,所以能够实现的前提条件是各层差异较小的水平井。三是两段分别注汽的方式,这种方式是针对油层段渗透率差异过大,其他方式实现困难,根据油藏特点采用先注一段,在选择注另一段,在注汽过程中根据注汽量要求,将水平段分成两个独立单元,一段注汽量注完进行投球,接着注另一段。这种注汽方式需要有很好的封隔器位置,卡层也很重要,因为渗透率差异过大,会导致注汽压力差别较大,很容易窜层。

2 影响水平井均匀动用的因素分析

2.1 水平段储层的非均质性

由于沿水平井水平段方向上油层物性存在差异,蒸汽沿水平段渗透率较高的部位容易突破,热量利用率低,蒸汽在油层扩散效率低,有效动用水平低,严重影响了热采水平井的均匀动用效果。统计历年来31口井深度温度压力测试数据发现,水平段动用均匀的井仅有8口,仅占25.8%。

表1 杜48杜0组水平井动用状况

水平井动用状况	井数,口
吸汽均衡	8
入口端温度高	1
末端温度高	16
两端温度高	2
中间段温度高	4
合计	31

2.2 含水上升快,边底水水侵加剧

杜48杜0组油层纵向上划分为3个砂岩组,杜0₁为水层,杜0₂为纯油藏,杜0₃上部为纯油藏、下部为边水油藏,油水界面-1176m,并且边水只在东部发育。最后一个吞吐周期,周期含水在95%以上的水平井有12口,其中杜0₃有10口,占83%,主要是因为油藏高轮次吞吐后,杜0₃边水水侵加剧,影响了吞吐效果。

2.3 水平段长度较长温度压力变化大

热采水平井水平段长度较长,注汽热采过的水平井水平段长度≥100米的井占总井数的64%,在注蒸汽的过程中水平段温

度场存在较大的差异,A或B靶点吸汽较多的情况占总井数的百分之六十。例如根据温压剖面测试显示,以杜48-杜H024井为例,多周期温度曲线显示生产井段的前半段1051-1301m为动用程度高的井段,温度明显高于后半段。

3 热采水平井均匀动用技术

3.1 水平井温压剖面测试技术

3.1.1 工艺原理

工艺原理就是针对水平井的特点,利用油管作为存储式三参数仪器携带工具,在作业过程中随油管下入,由于油管能够完全下入水平段,通过存储式三参数监测仪实现水平段全井段温度剖面测试。同时,根据油管下入的时间和深度的对应关系,能够对所测数据进行精确定位,从而得到水平井水平段井温剖面数据,进一步分析油层产出状况,为水平井的动态分析调整起到很好地指导作用。

3.1.2 仪器结构

随管水平井井温剖面测试仪器主要包括绳帽、保温瓶、电池、电路主板、隔热体、紫铜垫密封面、压力传感器和进压孔、温度测量探头、导锥组成。

3.1.3 主要技术指标

(1)温度采样点间隔0.5m;(2)测温范围0-350℃,精度0.1℃;(3)压力0MPa-40MPa,精度0.5%FS。

3.1.4 作用

根据热采水平井的井温压剖面、油井静态资料及注采动态资料分析确定热采水平井的注汽、采油剖面及高含水井段。

3.2 优化调配技术

该区块自2012年9月至今,共计实施分段注汽127井次,措施增油3.6964万吨。以杜48-杜H017为例,观察前5次温度-深度曲线可知,该井主力动用段位于1150-1400m,2020年6月实施分段注汽,以1200m为界,前半段注汽强度11方/米,后半段注汽强度8方/米,在注汽量下降1035方的情况下,周期增油424吨。

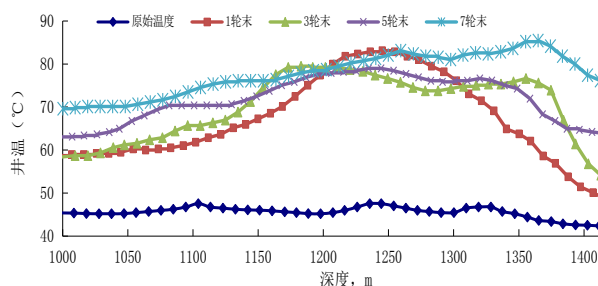


图1 杜48-杜H017不同周期下温度随深度变化曲线

3.3 双管注汽技术

推广双管注汽技术,针对水平段长动用不均,配套温压剖面测试技术,调整配汽位置和配汽量,改善吸汽剖面,实施动态调控,同时双管延伸也保证了末端的温度和干度。双管注汽,采用同心式双管注汽,该技术就是在内径为76mm的41/2真空隔热管内下入2"无接箍油管,利用2"油管和小环空分别对水平井段

的B点和A点注汽,井口实现配汽量的动态调整。该井调整内管、外管注汽位置后,于2015年12月开井生产,产量由5.7/1.0/86上升到48.2/7.2/85,平均日增油6.2t,单井累增油767t。

4 高轮次吞吐期注采参数优化研究

根据不同区域三场变化特征,在现状注汽强度分析基础上,利用数值模拟模型,采用正交试验设计方法,分区域、分周期开展注采参数优化设计。

使用数值模拟的方法要求优化注汽强度、单井产液量2个参数,结合典型井区三场特征,综合考虑储层厚度、孔隙度、渗透率、原油粘度、水平段有效长度、边水波及强度、吞吐轮次等因素,最终,形成不同油藏地质条件、不同水平段长度、不同吞吐动用阶段注采参数优化图版。

数值模拟进行不同注汽强度对比分析,确定优化结果:第8、第9周期优选最佳注汽强度17t/m;第10周期为17-18t/m之间,之后第11周期为18t/m。周期注汽强度递增原因:井组同步注汽控汽窜,增大注汽量尽量扩大动用范围。结合典型井区三场特征,综合考虑储层厚度、孔隙度、渗透率、原油粘度、水平段有效长度、边水波及强度、吞吐轮次等因素,最终形成不同油藏地质条件、不同吞吐动用阶段周期注汽强度递增幅度优化图版。水平井低轮次吞吐期注汽递增幅度5%~10%,中轮次吞吐期3%~5%,高轮次吞吐期0%~3%。

4.1 单井液量优化

由于储层厚度薄,散热作用明显,因此注汽结束后,水平井

蒸汽吞吐初期压力充足,井底温度较高,应趁热快采,后期随着能量下降,温度逐渐降低,加深泵挂,低液量开采(20-40t/d),尽可能提高单周期产量,提高周期油汽比。

5 社会效益与认识

针对动用不均而采取的各项措施在杜48稠油油藏的成功运用,提高了油井产量、延长了油井生产时率,有效改善了油藏开发效果,形成了完整的配套技术储备,为生产决策提供了技术支持。

(1)热采水平井微差井温测试技术,定性判明水平井各层段吸汽情况,产液情况,定性分析水平段动用程度。通过调整优化配注位置及注汽参数,改善吸汽剖面,实现水平井均衡动用。该技术可在超稠油块、普通稠油等区块进行应用,该技术简单、成本低必有广阔的应用前景。(2)在油藏认识较为清楚的前提下,水平段较长、油藏物质基础好的井,在累采程度较低,含水不是很高的情况下可优选双管注汽。(3)对于含水较高、累采程度较高,还有挖潜潜力的井可以进行机械卡封或化学堵调等手段提高水平井的均匀动用程度,进一步提高最终采收率。

[参考文献]

[1]胡宏山,尹书争.大斜度井及水平井 MFE 测试工艺[J].油气井测试,1999,(03):53-56+77.

[2]孙彬.考虑井筒内压降影响的水平井产能预测方法研究[D].中国石油大学,2008.

[3]刘立成.油藏非均质性对水平井蒸汽吞吐效果的影响[J].油气井测试,2012,21(1):33-34.

中国万方数据库简介:

万方数据成立于1993年。2000年,在原万方数据(集团)公司的基础上,由中国科学技术信息研究所联合中国文化产业投资基金、中国科技出版传媒有限公司、北京知金科技投资有限公司、四川省科技信息研究所和科技文献出版社等五家单位共同发起成立——“北京万方数据股份有限公司”。

万方数据是国内较早以信息服务为核心的股份制高新技术企业,经过20年来快速稳定的发展,万方数据目前拥有在职员工近千人,其中硕士以上学历约占25%,专业技术人员占70%,已经发展成为一家以提供信息资源产品为基础,同时集信息内容管理解决方案与知识服务为一体的综合信息内容服务提供商,形成了以“资源+软件+硬件+服务”为核心的业务模式。

万方数据以客户需求为导向,依托强大的数据采集能力,应用先进的信息处理技术和检索技术,为决策主体、科研主体、创新主体提供高质量的信息资源产品。在精心打造万方数据知识服务平台的基础上,万方数据还基于“数据+工具+专业智慧”的情报工程思路,为用户提供专业化的数据定制、分析管理工具和情报方法,并陆续推出万方医学网、万方数据企业知识服务平台、中小学数字图书馆等一系列信息增值产品,以满足用户对深层次信息和分析的需求,为用户确定技术创新和投资方向提供决策支持。

在为用户提供信息内容服务的同时,作为国内较早开展互联网服务的企业之一,万方数据坚持以信息资源建设为核心,努力发展成为中国优质的信息内容服务提供商,开发独具特色的信息处理方案和信息增值产品,为用户提供从数据、信息到知识的全面解决方案,服务于国民经济信息化建设,推动全民信息素质的提升。