# 超稠油蒸汽吞吐生产特点及措施对策
## ——以辽河油田曙一区为例

马占河
(中石油 辽河油田公司,辽宁 盘锦 124010)

**摘 要**: 超稠油蒸汽吞吐生产过程可划分为不同的阶段,充分认识各阶段的生产规律及存在的主要问题,制定相关措施对策对于超稠油油藏的高效开发有着重要的意义。通过曙一区超稠油蒸汽吞吐生产特征的研究,总结了超稠油蒸汽吞吐的生产规律,理清了不同生产阶段各项生产参数的变化趋势;分析了各吞吐阶段存在的问题,并结合油藏实际,制定相应对策,指导曙一区超稠油的高效开发,对同类型超稠油油藏蒸汽吞吐开发具有较强的借鉴意义。

**关键词**: 超稠油; 蒸汽吞吐; 生产规律
**中图分类号**: TE345 **文献标识码**: B **文章编号**: 1671 - 1211(2012)01 - 0071 - 04

## 0 引言

辽河油田曙一区原油具有高密度、高粘度的特性,在原始状态下不能流动[1],属于高丰度大型超稠油油藏,主要采用注蒸汽吞吐方式开采。蒸汽吞吐开发从初期注汽到油井最后衰竭可划分为不同的开发阶段[2],各个阶段的生产特点存在较大差异。因此,有必要研究超稠油油藏蒸汽吞吐各开发阶段的生产特征,分析存在的主要问题,制定相关措施对策,指导超稠油油藏蒸汽吞吐开发。

## 1 地质特征研究

曙一区位于辽河坳陷西部凹陷西部斜坡带中段,主要含油层为古近系的沙河街组的兴隆台油层和馆陶组的馆陶油层,油藏埋深 550 ~ 1 150 m。在油藏特征上,研究区油藏属正常温压系统、高孔高渗型储层。馆陶油层平均孔隙度 36.3%,渗透率 5.54 $\mu m^2$;油藏地层压力系数约为 0.95。在流体特征上,原油全分析统计结果表明,20 ℃时原油密度一般 > 1 $g/cm^3$,50 ℃时地面脱气原油粘度一般在 $5 \times 10^4 \sim 23 \times 10^4$ MPa · s。原油含蜡量一般在 2% 左右,凝固点在 20 ℃左右,胶质 + 沥青质含量在 50% 以上。原油具有密度大、粘度高、凝固点高、胶质 + 沥青质含量高、含蜡量低的特点。

曙一区超稠油在地层温度下粘度虽然很大,但原油对温度的敏感性很强。在地层条件下粘度 $> 10 \times 10^4$ MPa · s的原油,当温度升至 65 ℃时,粘度降至 5 000 MPa · s 左右,当温度升至 100 ℃时,粘度在 1 500 MPa · s 以下,适合于注蒸汽热采。

## 2 超稠油蒸汽吞吐生产特点

### 2.1 流动温度高,启动压差大

曙一区超稠油特殊的油藏条件及油品性质使蒸汽吞吐开发具有独特的生产特点和规律。以杜 84 块为例,兴隆台油层及馆陶油层原始温度为 36 ~ 38 ℃,油层温度下的脱汽油粘度为 $20 \times 10^4$ MPa · s 以上,油层条件下几乎没有流动能力。与普通稠油相比超稠油开采具有流动温度高、启动温差大的特点[3,4],开采过程需全程伴热保温,以保证原油的流动性。杜 84 块兴 VI 组油层的原油可流动温度为 75 ℃以上,启动温差为 37 ℃。相对齐 40、杜 66 块等普通稠油和特稠油而言,蒸汽吞吐生产时间短、产油量低、油汽比低(见表 1)。

**表 1 不同类型稠油生产特征统计**

Table 1 Statistics of production characteristics of different type of heavy oil

| 区块 | 油藏类型 | 稳定生产时间/d | 平均单井产量/(t · $d^{-1}$) | 油汽比/(t · $m^{-3}$) |
|---|---|---|---|---|
| 齐 40 | 普通稠油 | 96 | 16.3 | 0.52 |
| 杜 66 | 特稠油 | 82 | 14.5 | 0.34 |
| 杜 84 | 超稠油 | 52 | 12.6 | 0.13 |

### 2.2 吞吐各阶段表现出不同特点和开采规律

超稠油蒸汽吞吐各项产量指标随吞吐周期增加呈

**收稿日期**: 2011 - 05 - 31; **改回日期**: 2011 - 08 - 29
**基金项目**: 辽河油田“提高稠油、超稠油蒸汽吞吐效果技术研究与应用”(200973)。
**作者简介**: 马占河 (1976 - ),男,工程师,热能工程专业,从事热能工程相关研究和生产工作。E - mail: beforgiven@126.com
万方数据

抛物线型变化，大致可划分为三个阶段，即初级阶段（1～2 周期）、高峰期（3～5 周期）、递减期（6～10 周期）。各阶段均表现出各自的开采规律（如图 1）。

（1）上升阶段（1～2 周期） 原始地层条件下，超稠油滞留在砂岩孔隙中，不能流动，因此初级阶段主要为预热和解堵阶段。该阶段具有油层温度低、流动温度高、启动温差大的特点。由于高粘度重油充满砂岩孔隙，注汽相对困难，注汽速度低，强度小，加热半径小，一般集中在井底附近 10 m 左右。由于该阶段油层升温幅度小，造成生产上“一短、四低”的特点，即周期生产时间短、周期采油量低、油汽比低、回采水率低、采注比低。

如曙一区超稠油杜 229 块，第一个周期的平均生产时间仅为 37 d，平均周期采油量仅为 606 t，平均周期油汽比为 0.40，平均周期回采水率为 31.6%，平均周期采注比 0.72；第二个周期的平均生产时间上升到 60 d，周期产油上升到 1 026 t，平均周期油汽比为 0.66，平均周期回采水率达 53.6%，周期采注比达到 1.19。

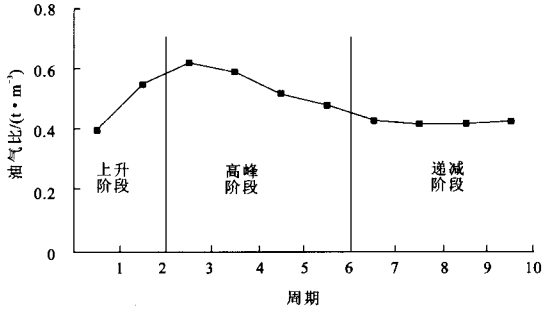



**图 1 超稠油周期生产变化曲线**

Fig. 1 Change curve of period production of extra heavy oil

与整个蒸汽吞吐生产过程相比，初级阶段各项指标都较低，阶段平均周期生产时间 49 d，平均周期采油量 816 t，阶段平均油汽比 0.53，阶段平均周期回采水率 42.6%，阶段平均周期采注比 0.96。但随着吞吐周期增加，各项指标呈上升趋势。

（2）高峰期（3～6 周期） 该阶段各项指标均达到最高的时期，是超稠油蒸汽吞吐开采的最佳阶段。经过初级阶段的预热和解堵，油层温度有所上升，油气通道和油的流变性能有所改善，注汽也相对容易。

以杜 229 块为例，注汽压力 13 MPa 左右，注汽强度增加到 80 t/m 左右，井底附近油层加热半径由低周期阶段的 10 m 上升到 30 m 左右，油层升温幅度进一步加大，地下存水量继续增加，周期生产时间加长，阶段平均周期生产时间可达 84.8 d。周期采油量和周期油汽比达到最高，阶段平均周期采油量达 1 254 t。随吞吐轮次增加，该阶段周期采油量达到高峰，且能基本保持稳定。该阶段油汽比主要受周期采油量的影响，在注汽量增加的幅度不大的情况下，随吞吐周期增加，在产油量达到最高峰后，平均周期油汽比逐渐下降。

（3）递减阶段（7～10 周期） 从总体趋势看，蒸汽吞吐进入 6～7 周期后，地层存水率不断加大，随着已被蒸气加热的原油和蒸气凝结水等高温流流体的采出，大量热能被带出地层，油层升温幅度越来越小，井底附近油层加热范围难以扩大，原油流动能力下降，井底附近含油饱和度、供油范围开始减小。虽然该阶段平均单井注汽量有所增加，但周期采油量、周期油汽比、周期回采水率、周期采注比均逐渐下降。

### 2.3 各周期内生产特点

超稠油蒸汽吞吐在同一周期内的日产油量也不是均一的，但有一定的变化规律，尽管三个阶段的周期内生产特点不尽相同，但基本上可分为上升—高峰—递减三个时间段（如图 2）。

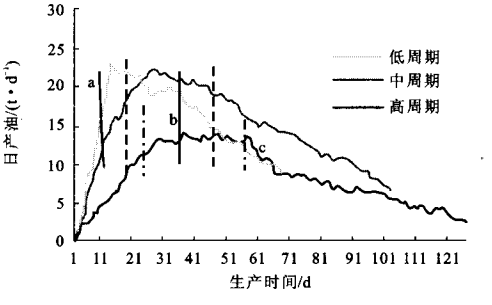



**图 2 不同阶段周期日产油对比曲线**

Fig. 2 Correlation curve of daily oil production in different stage

第一个时间段（简称 a 段）曲线形态为陡升阶段，日产油变化率较大，阶段生产时间较短，一般不超过 10 d；阶段累积采油量低，一般在 100 t 以内。该阶段为周期内吞吐预热早期，蒸汽冷凝水开始以产出液形式产出，含水率由 100% 逐渐降低。在产液量变化不大的情况下，日产油量由低向高变化，一般由 0 t 上升到 20 t 左右。

第二时间段（简称 b 段）为产量高峰阶段。该阶段由于油层已经有了一定的温度场，超稠油的粘度有了一定下降，吞吐井生产能力较旺盛，产出液量相对较大。与此同时，该阶段产出液的平均含水率由第一阶段的 70% 左右下降到 30% 左右，日产油量相对较高，一般在 20 t，且日产油量相对平稳，阶段生产时间 25 d 左右。阶段累积采油量也相应增高，一般在 450 t 左右。

第三时间段（简称 c 段）为产量递减阶段。该阶段由于产出液携带出大量热量，且地层热传导、热辐射损

万方数据

失部分热能,导致油层温度下降,原油粘度上升,流动阻力加大,地层供液能力降低,产出液量逐渐减少,日产油量随之下降。该阶段生产时间为 25 d 左右,阶段平均日产油量一般在 10 t 左右,阶段采油量在 250 t 左右。

## 3　各阶段主要问题及措施对策

超稠油蒸汽吞吐开发中,由于各个阶段的生产特点不同,储层参数及原油性质在不断变化,产生的矛盾和问题也不尽相同。主要存在几个问题:① 生产初期注汽压力高、油层易出砂;② 产量高峰期井间干扰严重,油层纵向动用差异大;③ 高周期阶段边底水侵入,易导致开发效果变差;④ 超稠油操作成本高是开发的主要矛盾。

### 3.1　注汽压力高、生产井出砂的原因分析及措施(注气初期)

在注汽初期,地下温场尚未形成,蒸汽未能扩散到较远的油层,原油粘度高,仅在井底周围聚集,注汽压力普遍偏高,吞吐效果差。另外超稠油地层多以砂砾岩为主,胶结较疏松,易造成油井出砂。

针对这些问题主要采取 4 项措施对策:①优化注汽参数设计,控制注入量;②利用 3″内径真空隔热管配合杆式泵实施注、焖、放、抽一体化,减小注汽摩阻,降低注汽压力;③注汽前向地层中挤入化学降粘剂,减小高粘度原油对蒸汽的阻力;④制定固、挡、排相结合的综合治理防砂措施。采用化学固砂、TBS 筛管等组合式防砂措施;优化注汽参数,保证在临界流量以内生产,取得了较好效果。

### 3.2　汽窜原因分析及措施对策(产量高峰期)

随着蒸汽的不断注入,高压蒸汽必然向渗透率最大或高采出强度的低压区突进,垂向扫油系数一般很难超过 50%。蒸汽突破后,形成条带状蒸汽管流,相邻两井管流连通,导致汽窜发生。汽窜多发生在 2 ~ 4 周期,加密地区有所提前。汽窜不仅造成本井油层纵向动用程度降低和无谓的热损耗,而且对邻井正常生产造成很大影响。

针对汽窜的问题,主要采取了三种针对性措施:

(1) 加强分注、选注工作:针对多油层吸汽不均,油层纵向动用差的问题,在吸汽剖面测试的基础上,采取机械封隔实现对某些层段注汽,增强中低渗透层的吸汽强度、抑制高渗的吸汽量、均衡层间差异,实现了各层段的均匀吸汽,减少汽窜的发生,改善油层纵向动用程度。杜 229 块实施分选注措施 95 井次,效果明显,纵向上油层总体动用程度由 62.1% 上升到 68.8%。

(2) 调剖:利用调剖剂和替置液的特性,降低高渗层的渗透率,阻断汽窜通道,起到封堵汽窜层调整纵向吸汽剖面,提高油层纵向动用程度的作用。

(3) 对井间汽窜干扰严重的井组采取同注同采、防窜关井、优化注汽顺序和注汽参数等措施,也相应减缓和避免了井间汽窜干扰。

### 3.3　高递减、边底水侵入措施对策(递减阶段)

蒸汽吞吐进入高周期阶段以后,地层存水率不断加大,井底附近油层加热范围不再扩大,油层升温幅度越来越小,原油流动能力下降,导致周期采油量大幅度递减。

为了解决这个矛盾,在注汽方式上采取多井整体蒸汽吞吐。既把油层分布稳定、连通性好、油层及原油物性比较接近,井间汽窜具有多向性、往复性,油层压力水平相对平衡的井划分为一个井组,组合到一起,按照一定的顺序集中注汽、集中生产。由于平面上互相邻近的一批井同时注汽,热量集中,有利于油层升温,促进温场形成,使整个流体场发生整体移动,改善油层动用状况。该方法在曙一区几个井组的实验取得了较好效果。如杜 84 断块采用多井整体蒸汽吞吐后,油层动用情况提高了 6%,周期生产天数延长 24 d,平均单井增油 62 t。

曙一区超稠油均存在边水、底水问题。随着采出程度的增加,地层压力下降,边底水逐步向油藏内部侵入,造成油层产水量和周期回采水率逐渐升高,见水范围也逐渐扩展。

针对油井出水,主要采取如下措施:一是采取化学封堵和机械封堵的方法,对隔层不稳定的出水地区,向水侵层挤入化学堵剂,与不能流动的原油共同形成堵水屏障;二是对隔层相对稳定的区域,采取堵排结合,综合治水,即对出水井填砂注灰,封堵出水层位,同时在水侵主流线上选井排水,减缓边水侵入速度。按上述方法,目前在杜 229 块已实施 3 口,成功率 100%,有效了缓减了水侵速度。

## 4　结论

(1) 依据产油量、油汽比等参数,可将超稠油生产大致可划分为 3 个阶段,即初级阶段、高峰期、递减期。

(2) 周期内生产可分为上升—高峰—递减 3 个时间段,每个时间内的平均生产天数、日产油量、累积产油量、含水率变化均遵循较为一致的变化规律。

(3) 蒸汽吞吐初期易出现注气压力高、生产井易出砂的问题,应采用优化注汽参数、改进注气工艺、添加化学降粘剂、防砂治理等措施;生产高峰期易出现汽

万方数据

蹿等问题,应采用加强分注、选注、调剖、同注同采、防窜关井、优化注汽顺序和注汽参数等措施对策;产量递减阶段易出现递减过快、水底水侵入等问题,应采用优化注采井组、排堵结合等对策。

**参考文献:**

[1] 刘文章. 稠油注蒸汽热采工程[M]. 北京:石油工业出版社,1997:21 -24.

[2] 司勇. 高含水普通稠油油藏二次开发研究[J]. 特种油气藏,2007,14(3):59 -61.

[3] 胡新正. 曙光油田杜 229 块蒸汽吞吐后期转蒸汽驱试验技术[J]. 特种油气藏,2009,16(5):61 -64.

[4] 龚姚进,等. 齐 40 块蒸汽吞吐后转蒸汽驱开发研究[J]. 特种油气藏,2007,14(6):17 -21.

(责任编辑:潘 潇)

## Product Characteristics and Countermeasures of Extra Heavy Oil

MA Zhanhe

(*Liaohe Oilfield Limited Company, Panjin, Liaoning* 124010)

**Abstract**: The process of steam soak can be divided into different periods, understanding the characteristic and the main problem of each period. The related measure is important to extra heavy oil's steam soak. Through the study of the product characteristics of extra heavy oil in Shuyi area, the author summaries production law of steam soak about extra heavy oil, defines the variation trend of different index in different phase, analyses the problem in different phase, and make out the different countermeasure. The different administer steps get effect, and offer the significance for the same extra heavy oil.

**Key words**: extra heavy oil; steam soak; product characteristics

## 湖北省国土资源厅明确目标 突出重点
## 全面部署 2012 年全省国土资源管理工作

1 月 29 日是龙年春节过后的第一个工作日。湖北省国土资源厅召开专题会议,研究新年工作要点,部署 2012 年全省国土资源管理工作。

厅党组书记孙亚在会上指出,2012 年是克难攻坚,充满机遇和挑战的一年,我们要切实认清形势,充分发挥主观能动性,发扬苦干加巧干的精神。他强调,新一年的全省国土资源管理工作目标要明确,重点要突出,亮点要创新,难点要突破,考核要落实。要紧密结合实际,着重抓好六个方面的工作:一是全面开展"喜迎十八大,争创新业绩"和省直机关"三抓一促"活动;二是全力推进国土资源工作改革创新,真正做好全省"低丘缓坡土地综合开发利用、工矿废弃地复垦、高标准农田综合整治、地质找矿整装勘查"四项工作,并力争走在全国前列;三是要贯彻落实好全国国土资源工作和全省经济工作会议精神,统筹兼顾,深入推进"双保工程";四是要严而又严地开展 2011 年度土地矿产卫片执法检查工作,切实落实动态巡查,推动党政同责,做到"早教育、早发现、早报告、早制止、早解决",前移执法关口,遏制国土资源违法违规问题;五是要围绕国土资源部门"三大职能",加大对土地、矿产资源管理和地质灾害防治工作中的人才培养力度和科技创新、设备现代化等方面的经费投入;六是要以"培养人、激励人、教育人、保护人"为目标,扎实推进党风廉政建设,切实加强机关党建和干部队伍建设。

(消息来源于湖北省国土资源厅网站 公布时间:2012 -01 -30)

万方数据