

# 难采稠油油藏氮气辅助降粘技术应用研究

孙浩

辽河油田公司曙光采油厂采油作业一区

DOI:10.12238/jpm.v3i7.5083

**[摘要]** 为进一步改善难采稠油油井周期生产效果,提高特超稠油难采储量动用程度,提出了难采稠油油藏氮气辅助降粘技术。本文结合氮气辅助降粘技术作用原理,在室内实验和现场应用的基础上,对降粘剂开展室内优选,注氮量和化学药剂用量进行优化,对注入工艺和注入时机进行优选,形成了氮气辅助降粘技术方案设计方法。现场应用表明,氮气辅助降粘技术能有效改善难采稠油油井周期生产效果,提高特超稠油难采储量采收率。

**[关键词]** 难采稠油油藏; 氮气辅助降粘; 实验优选

**中图分类号:** TE345 **文献标识码:** A

## Application study on viscosity reduction technology of nitrogen in thick oil reservoir

Hao Sun

Panjin, Liaohe Oilfield Company

**[Abstract]** In order to further improve the cycle production effect of difficult thick oil Wells and improve the utilization degree of special super thick oil reserves, the auxiliary viscosity reduction technology of nitrogen gas in difficult thick oil reservoir is proposed. Based on the action principle of nitrogen-assisted viscosity reduction technology, based on the indoor experiment and field application, optimize the nitrogen injection and chemical agent dosage, optimize the injection process and injection timing, and form the design method of nitrogen-assisted viscosity reduction technology. The field application shows that the nitrogen-assisted viscosity reduction technology can effectively improve the cycle production effect of difficult thick oil Wells and improve the recovery rate of special super thick oil reserves.

**[Key words]** difficult to pick thick oil reservoir; nitrogen assisted viscosity reduction; experiment preferred

## 引言

曙光油田某区稠油油藏区块共投入开发杜80兴隆台、杜813兴隆台东、杜84兴隆台北、曙1104205、曙13832等五个区块合计11个区块单元,含油面积约17.35km<sup>2</sup>。具有与全国大部分稠油油藏类似的特点。稠油储量占全区开采比例的80%以上。在蒸汽吞吐开发生产中表现出注汽压力高,生产时间短,产量递减率大,并且随着吞吐周期增加,近井地带含油饱和度不断下降,周期吞吐效果急剧变差,最终导致原油采收率低、经济效益差。为进一步改善特超稠油开发效果,提高难采储量采收率,开展了氮气辅助降粘技术研究和应用工作。

### 1 氮气辅助降粘技术原理

氮气辅助降粘技术是把氮气的助排作用和降粘剂的降粘作用有机结合。通过对降粘药剂的筛选,以及氮气和降粘药剂注入工艺的优选、注入参数的优化,充分发挥氮气和降粘剂的作用,达到增加地层能量、改善稠油在地层中渗流能力、扩大蒸汽影响体积的目的。

其作用原理主要有以下几个方面:

(1) 扩大蒸汽和降粘剂的波及体积:油井在注汽时,通过伴蒸汽连续向地层注入氮气,扩大蒸汽和降粘剂的波及体积。

(2) 增加驱动能量:驱动地层中的原油及冷凝水迅速返排,达到增加地层能量,提高回采水率,改善油井生产效果的目的。

(3) 大幅度降低原油粘度:降粘剂与稠油作用,形成水包油型乳状液,大幅度降低原油粘度。

(4) 提高洗油效率:表面活性剂可降低油、水界面张力,改善岩石表面润湿性,提高洗油效率。

### 2 方案优化设计

#### 2.1 降粘剂优选

##### 2.1.1 结合作用机理优选降粘剂

曙光某区稠油油田区块分布散,不同区块原油性质差别较大。为确保降粘效果,需要从作用机理、室内实验等方面对降粘剂进行优选。目前常用的乳化降粘剂有AE-121和EC-2两种水溶性耐高温化学剂。其主要技术指标见表2-1。

表2-1 降粘剂主要技术指标对比表

项目	AE-121	EC-2
外观	粘稠液体、不分层	黑色膏状液体
PH值(1%水溶液)	6—8	6—8
水溶性	良好	良好
耐温性(°C)	>300	>300
降粘率(%)	≥90	≥90

根据降粘剂的降粘机理和使用特点对其使用范围进行了初步界定(表2-2),从作用机理上指导室内实验和现场试验。其中,对于一般特稠油井或者超稠油井,由于原油中胶质沥青质含量较高,导致原油粘度较高,降粘剂的作用主要为形成水包油型乳状液,大幅度降低原油粘度,因此选择EC-2降粘剂;对于凝固点高的特稠油井或超稠油井,影响原油的主要因素是一定量的胶质沥青质和蜡质,降粘剂主要发挥为乳化降粘和降凝作用,因此选择AE-121降粘剂。

表2-2 各种降粘剂作用机理及适应范围

降粘剂型号	作用机理	适应范围
AE-121	乳化降粘剂与防蜡剂复配,可形成水包油乳状液,降低原油粘度;对蜡晶有分散作用。	凝固点较高的特稠油井或超稠油井。
EC-2	降粘剂采用多种表面活性剂复配而成,同时包含非离子型表面活性剂和离子型表面活性剂。可形成O/W型乳状液,降低原油粘度,改善原油流动性。	特稠油井或超稠油井。

2.1.2 依据降粘率优选降粘剂

试验方法:取原油样,倒掉游离水待用。先量取30毫升,用旋转粘度计在40°C和50°C下测定空白粘度值。再量取50毫升原油样,以油水比7:3的比例分别与0.5%的AE-121、EC-2降粘剂的水溶液进行混配、搅拌,用旋转粘度计在40°C和50°C下测定其粘度值,计算出40°C和50°C的降粘率。采用上述方法,对降粘率进行分析评价,优选出相应的降粘剂,结果见表2-3。

表2-3 不同降粘剂室内降粘试验效果

井号	分类	数值	
		40°C	50°C
古新 51013	粘度温度点(°C)	40°C	50°C
	初始粘度(mPa·s)	23846	8056
	加AE降粘剂后粘度(mPa·s)	1645	600
	加EC降粘剂后粘度(mPa·s)	191	72
	加AE后降粘率(%)	93.1	92.5
杨泌 175	粘度温度点(°C)	40°C	50°C
	初始粘度(mPa·s)	43579	14772
	加AE降粘剂后粘度(mPa·s)	435	206
	加EC降粘剂后粘度(mPa·s)	1089	517
	加AE后降粘率(%)	99.0	98.6
	加EC后的降粘率(%)	97.5	96.5

2.2 工艺参数优化

2.2.1 注氮量优化

根据不同油井特点,在注氮参数设计时主要考虑采出程度、吞吐周期数等情况。一般注氮半径为3-17m(图2-1)。

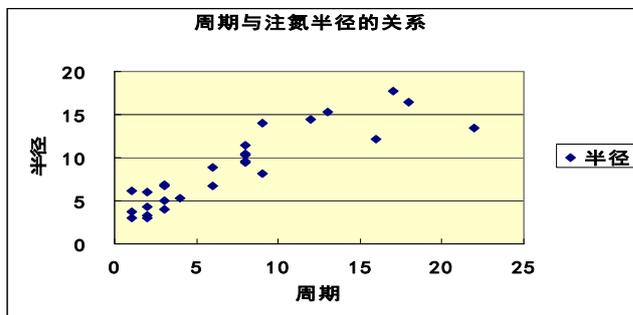


图2-1 注氮半径与周期关系图

- (1) 吞吐周期≤5,注氮半径为3-6米。
- (2) 吞吐周期在6-8之间,注氮半径为6-12米。
- (3) 吞吐周期≥9,注氮半径为12-17米。

2.2.2 药剂用量优化

依据油井原油物性和室内实验结果,选择化学药剂主要采用AE-121、EC-2两种水溶性降粘剂和适量的辅助药剂。在设计药剂用量主要参考所注蒸汽量的降粘剂浓度值。

通过室内实验表明,在0.1%-0.5%的浓度范围内,降粘率都在97%以上(表2-4),优选降粘剂浓度为0.2%-0.3%。

表2-4 降粘剂在不同浓度下的降粘效果

浓度/%wt	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
粘度(mPa·s)	8056	225	48.6	36.5	30.1	29.8
降粘率		97.20%	99.40%	99.50%	99.60%	99.60%

2.2.3 注入时机优选

降粘剂注入时机主要参考油井周期综合含水。

试验方法:取原油样,倒掉游离水待用。先量取30毫升,用旋转粘度计测定空白粘度值,然后与0.5%的EC-2降粘剂的水溶液进行混配、搅拌,用旋转粘度计测定其粘度值。再量取50毫升原油样,测定在不同油水比比例下粘度值及与同油水比比例下0.5%的AE降粘剂的水溶液粘度值。

从实验结果来看(表2-5),在油水比小于等于7:3条件下,添加水溶性乳化降粘剂后,原油粘度大幅度降低。

因此,水溶性降粘剂的注入时机选择为油井综合含水大于等于30%。

表2-5 不同油水比下的降粘效果

油水比	纯油	9:1	8:2	7:3	6:4	5:5
原始粘度(mPa·s)	36034	36388	39452	29745	19340	10080
加乳化降粘剂后粘度(mPa·s)	48553	43118	51976	611	420	129

### 2.2.4 注入工艺优选

(1) 降粘剂注入工艺。试验方法: 取原油样, 倒掉游离水待用。先量取30毫升, 用旋转粘度计在室温下测定空白粘度值。再量取50毫升原油样, 以油水比7:3的比例与0.5%的EC-2降粘剂的水溶液进行混配、搅拌, 用旋转粘度计在不同温度下(30-70℃)测定其粘度值。

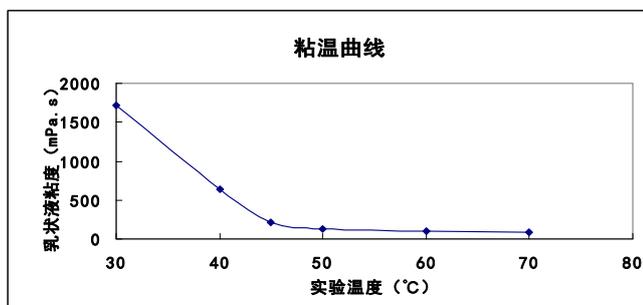


图2-2 粘温曲线图

实验结果表明, 在温度达到50℃后, 降粘剂的乳化效果更好。因此对于新投井, 地层没有形成温度场, 采用先预热地层再注入降粘剂的方式; 对于中、高周期井, 先注入降粘剂, 利用蒸汽的推动, 使得降粘剂充分与油接触, 提高降粘效果。

(2) 氮气注入工艺。氮气的注入工艺则依据井下管柱情况设计。在目的层上方没有封隔器时, 氮气从油套环形空间伴蒸汽连续向地层注入, 反之, 从油管段塞式向地层注入。注氮结束后继续注入蒸汽12小时以上。

### 3 应用效果评价

四年来, 氮气辅助降粘技术累计动用特超稠油难采储量45.6

×10<sup>4</sup>t, 累计增油2.4812×10<sup>4</sup>(t)吨(表3-2), 提高采收率5.1个百分点, 取得了较为显著的效果, 为提高特超稠油难采储量采收率提供了技术支持。

表3-2 2016-2019年氮气辅助降粘技术应用效果

分类	井数	有效率(%)	累计增油(t)
2016年	51	77	5634
2017年	62	79	6141
2018年	114	81	7604
2019年	119	79	7433
合计	346	80	26812

### 4 结论

(1) 通过四年来的攻关研究与应用, 完善了降粘剂配方体系, 优化了方案设计, 形成了以氮气辅助降粘技术为主体的特超稠油油藏热化学提高采收率技术。

(2) 氮气辅助降粘技术在河南油田得到规模应用, 动用特超稠油难采储量45.6×10<sup>4</sup>t, 累计增油2.6812×10<sup>4</sup>t, 提高采收率5.4个百分点, 有效减缓了老井递减, 稳定了热采产量, 对难采稠油改善开发效果及提高采收率具有重要的指导意义。

### 【参考文献】

- [1] 李川华. 应用氮气助排工艺技术提高杜66断块稠油吞吐效果[J]. 特种油气藏, 2001, 8(12): 53-55.
- [2] 陈晓源. 氮气辅助蒸汽吞吐工艺在面120区的应用研究[J]. 钻采工艺, 2004, 27(6): 53-5947.
- [3] 孙加元. 稠油热采辅助剂的试验研究[J]. 石油钻采工艺, 2004, (S1): 28-29+81-82.