

地面含水稠油微波加热集输技术实验研究

李广富

(中石油辽河油田钻采工艺研究院, 盘锦 124010)

摘要 以辽河油田地面集输含水稠油为研究对象。利用微波对原油的热效应和非热效应,设计并建立了地面稠油管线微波加热集输室内实验装置。通过室内实验,研究微波对特定稠油的加热降黏及脱水效果,优选出微波的加热频率及加热功率。实验结果表明,该方法与传统加热集输的方法相比具有加热速度快,节能明显的优点。

关键词 微波加热 含水稠油 集输技术 实验研究

中图分类号 TE832.34 TU866; **文献标志码** B

原油地面集输过程是油田生产中的重要环节。稠油由于自身存在黏度大、凝点高的特点。因此需要加热集输,每年用于地面集输的能源占开采能源的1/10。通常采用的加热方式为井口燃气加热炉或电加热等方式。这几种常规的加热方式对原油是由外到内的传热过程,而稠油由于导热性较差,常规方法加热稠油存在加热速度慢、加热效率低、原油的降黏效果差等缺点,大大浪费了能源^[1]。

微波加热技术是在微波理论、微波技术和微波电子管成就上建立起的一门应用技术。微波热则是通过微波能量与被加热介质的相互作用而达到表里一致被加热的^[2]。因微波作用是介质内外部同时吸收微波能量,可快速地将热量传递给原油介质,这种加热不同于一般的外部热源由表及里的传导式加热,这对于导热性较差的材料加热,其优势明显。

1 微波加热原理

微波是频率大约在300 MHz~300 GHz、波长在1 m~1 mm范围内的电磁波。微波能对稠油作用时会产生两种效应:热效应和非热效应^[3]。

微波的热效应是将微波能转换成物质内能的过程^[4]。由于微波会对介电材料产生电子或原子极化、界面及偶极转向极化,内部介质的极化产生的极化强

度矢量落后于电场一个角度,从而产生一个与电场同相的电流,构成了材料内部的功率耗散,引起物体内部分子的激烈振动摩擦生热而迅速升温,也即微波加热是因介质损耗转变成热能的。伴随着电磁波向材料内部的穿透,有一个电磁能自动向内部的传递过程,材料吸收微波能量是内外部与表面同时进行的,因此,可以称微波加热是一种体加热。

而非热效应是在微波作用下,反应体系在低温状态下的产率或反应速度等同或优于常规加热状态。稠油是准塑性流型的流体,在微波作用下会发生非热效应化学裂解反应。原因是微波对稠油辐射后,在一定的条件下,能引起微波某种化学意义上的变化,高频微波给极性胶质沥青质分子提供了一个额外的转动矩,使其作旋转运动,且微波的频率接近分子的转动频率,使处于微波场中的烃类大分子发生共振产生剪应力,该剪应力会使发生分子键断裂,使大分子烃链断裂成小分子烃链,引起化学分子结构的变化,从而使得稠油中胶质沥青质含量减小,降低稠油黏度,改善了稠油流动性^[5]。

2 实验装置建立

考虑到辽河油田稠油介质的特性及现场稠油集输管线运行的实际工况,建立了地面含水稠油微波加热集输实验装置。微波加热器与循环管线上的连接示意图如图1所示,含水稠油通过油泵实现流动,稠油经管线流经取样口1进入微波加热器的加热腔,在加热腔被加热后流经取样口2,与主管线

2012年6月5日收到

作者简介:李广富,男,中油辽河油田公司钻采工艺研究院工程师,研究方向:采油。E-mail: yangxianzhi7508@163.com.

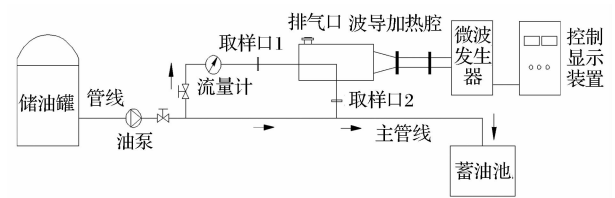


图1 地面稠油微波加热集输实验装置示意图

其它部分的含水原油汇合。微波发生器由矩形波导连接,经过定向耦合器、滤波器、调配器将微波能输送到加热腔。

加热腔是一个按要求设计的腔体,是完成微波能量与介质相互作用的器件,也是加热体系中的关键部件。加热腔一般采用矩形波导式谐振腔,主要的设计参数是谐振波长(λ_0)和品质因数(Q_0),当谐振波长一定时,波导式谐振腔尺寸应满足:

$$\lambda_0 = \frac{2}{\sqrt{(m/a)^2 + (n/b)^2 + (p/c)^2}} \tag{1}$$

$$p = 2\pi f E^2 \varepsilon_r \tan\theta \tag{2}$$

式中: a 、 b 、 c —分别为谐振腔的长、宽、高;
 m 、 n 、 p —对应于 a 、 b 、 c 的半波长变数;
 f 、 E —加热频率及电场强度;
 ε_r —介质的介电常数;
 $\tan\theta$ —介质损耗正切值。

谐振腔的品质因数 Q_0 用来表述腔体的加工质量与损耗情况, Q_0 值越高,加热腔的效率越高。可以用下式来定义:

$$Q_0 = \frac{1}{\delta} \frac{V}{S} \tag{3}$$

式(3)中: δ —谐振腔内壁的集肤效应系数。

根据微波各器件对微波的适配性,按上述各式的要求原则,设计一套微波实验系统,微波谐振腔采用集肤效应系数很低的紫铜制作,设计的加热腔,其内腔长、宽、高分别采用32 cm、30 cm、19 cm标准,微波功率在0.5~2.7 kW区间可调。

3 微波降黏集输实验研究

3.1 不同功率下微波加热稠油实验研究

实验中,微波的加热频率为2 450 MHz,选择4种不同微波加热功率,在流量为0.15 m³/h,含水46%的情况下,在取样口进行取样测试温度及加热

时间等参数,实验结果见表1。

表1 不同功率下的含水稠油温升数据

加热方式	加热功率/入口温度/出口温度/温升变化/ 作用时间/				
	kW	℃	℃	℃	s
电加热	2.5	64.0	70.1	6.1	30
	0.5	63.5	67.2	3.7	30
微波加热	1.1	64.4	71.4	7.0	30
	1.7	63.0	73.8	10.8	30
	2.5	62.2	76.6	14.4	30

从实验结果可以看出,在加热时间仅为30 s,加热功率为2.5 kW时,含水稠油温升达到14.4℃,微波加热含水稠油取得了很好的效果,与常规的电加热方式相比,其速度是无法比拟的。由公式可知

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{(C_{油} m_{油} + C_{水} m_{水}) \Delta T t}{P \times t} \tag{3}$$

式(3)中: η —加热效率/%;
 $C_{油}$ 、 $C_{水}$ —分别为油、水的比热/[kJ·(kg·℃)⁻¹];
 $m_{油}$ 、 $m_{水}$ —分别为油、水的质量流量/(kg·s⁻¹);
 ΔT —为温升变化量/℃;
 t —加热时间/s;
 P —微波的加热功率,kW。

通过计算可知,微波的加热效率高达87%,大大提高了热能的利用率,从而降低了生产运行成本。

3.2 微波加热稠油降黏实验研究

实验过程中,微波的作用功率设定0.5 kW,利用RV—20旋转黏度计测试了脱水脱气原油在不同作用时间下的降黏效果,微波作用时间为0.5 min和1 min的降黏效果见图2。

实验结果表明,脱水原油经微波作用后实现了快速降黏的目的,降黏效果体现在作用时间上,作用的时间越长,降黏的效果越明显,微波作用1 min后降黏率达到了30%左右。另外,微波对原油的降黏效果还体现在温度上,温度较低时,经微波作用的原油降黏效果显著。因此,微波能改善原油的低温流动性^[6]。

3.3 不同原油含水率微波破乳脱水实验研究

在微波功率为2.5 kW的作用下,对微波作用前后的脱水效果进行了实验研究,实验结果见表2。

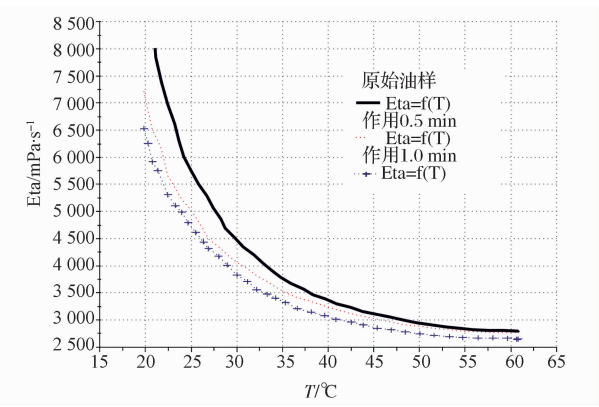


图2 微波作用黏温曲线对比图

表2 不同含水率下的微波脱水实验数据

功率/kW	作用前含水率/%	作用后含水率/%	脱水率/%	含水率变化/%	作用时间/min
0.5	30	21.6	28.0	8.4	5
	30	24.3	22.3	6.7	1
2.5	50	33.4	33.2	16.6	1
	60	39.1	34.8	20.9	1

实验结果表明,对于相对含水率较低的乳化液,采用长时间、小功率的作用方式比短时间的大功率作用脱水效果要好,这可为微波脱水的作用方式选择提供依据;在相同功率和作用时间下,原始含水率越高,微波脱水率越高效果越明显。

4 结论

研究了微波对含水稠油的作用机理,建立了地

面稠油管线微波加热降黏集输装置,并利用该装置进行了实验研究,实验研究的结果表明:

- (1)微波加热含水稠油的效果好,效率高,是常规的加热方法无法比拟的,节能效果明显,大大节省了运行成本。
- (2)利用微波辐射对高凝、高黏原油进行作用可以达到快速降凝、降黏的目的,而且黏度和凝点在低温下不反弹。
- (3)实验结果表明微波辐射含水稠油可起到破乳脱水的作用,而且对高含水稠油的脱水效果明显,可减少联合站的后续处理工艺,从而达到间接节能的目的。

因此,利用微波辐射实现地面含水稠油的高效、低成本输送是可行的。

参 考 文 献

1 蒋华义,路庆良. 高凝高黏原油微波脱水降黏输送技术. 油气储运,2004;23(5):34—37

2 马宝岐,倪炳华. 微波在油气开发中的应用. 石油勘探与开发,1997;24(3):57—61

3 王 颖,魏爱军,蒋华义,等. 微波加热含水稠油的实验和模拟研究. 微波学报,2003;19(3):87—91

4 金钦汉. 微波化学. 北京:科学出版社,1999

5 刘慧玲. 微波脱水技术研究. 油田地面工程,1992;11(4):22—25

6 赵安康. 微波辐射在油水乳化液分离中的应用. 上海科技大学学报,1993;16(4):396—401

Experimental Study on Gathering and Transportation Technique of the Microwave Heating for Ground Water Cut Heavy Oil

LI Guang-fu

(Liaohe Oilfield Drilling & Production Technology Research Institute, PetroChina, Panjin 124010, P. R. China)

[Abstract] Water cut heavy oil in Liaohe oilfield ground gathering and transportation engineering as the research object is made of using microwave heating and non-thermal effect on crude oil, design and build the heavy oil pipeline ground microwave heating gathering and transportation indoor experiment device. Through the indoor experiment, the microwave viscosity reduction and dehydration effect on particular heavy oil is studied, selected the microwave optimal heating frequency and heating power. The experimental results show that this method has obvious advantages of fast heating and energy saving compared with the traditional gathering and transportation heating.

[Key words] microwave heating water cut heavy oil gathering and transportation technique experimental study