

# D2 声波采油技术研究及发展前景

孙仁远 沈本善 严炽培

(石油大学, 山东东营 · 257062)

近年来, 声波技术已被应用于采油工程中, 形成了一门新的学科——采油声学。其研究内容主要包括声波提高渗透率、降粘、防蜡、除垢、解堵、油井增产、水井增注等。本文将比较系统地介绍声波采油技术的最新研究现状, 分析声波采油的机理, 并展望声波采油的发展前景。

关键词: 声波 超声波 采油 前景

## 1 引言

在石油开采中, 如何提高油井的产量和油田采收率, 一直是采油工程技术人员关心的课题之一。许多国家为此投入了巨额的经费。前苏联和美国率先将声波技术应用于采油, 获得了成功, 并逐渐发展成为一门采油声学<sup>[1]</sup>。80年代以来声波采油技术在我国开始受到重视。石油大学在机理研究方面进行了大量的室内试验工作<sup>[2,3,4,5]</sup>。华北、玉门、吉林、大庆等油田陆续开展了声波采油的现场试验<sup>[6]</sup>。同时, 我国在声波采油设备研制方面取得很大进展<sup>[7]</sup>。这为声波采油技术在我国的应用和发展奠定了基础。

声波采油的研究内容很广泛, 几乎覆盖于采油工艺的全过程。诸如声波激励油层提高采收率、声波降粘、防蜡、脱水、乳化破乳、解堵、除垢、增注等。

本文将比较系统地介绍声波采油的国内外研究现状, 分析声波采油的机理, 并展望声波采油的发展前景。

## 2 声波采油的国内外研究现状

### 2.1 声波提高渗透率

孙仁远等人研究了超声波对多孔岩石渗透率的影响<sup>[2]</sup>。研究表明: 超声波作用可以提高多孔岩石的渗透率, 提高幅度达3倍以上, 而且超声波作用具有明显的滞后效应。

### 2.2 声波解堵

1977年5~8月, 前苏联在卡拉让巴斯油田的218号探井上进行了超声波诱喷试验。该油田油层压力低, 无工业性油流。向井下放入超声波换能器, 声波处理1.5小时, 油井就自喷了。

严炽培、吴小薇等人研究了超声波对多孔岩样的渗流速度的影响<sup>[3]</sup>。结果表明: 多孔岩样被泥浆等污染后, 经超声波作用, 使油的渗透率恢复到原来的61~88%, 停止超声作用后, 还有明显的滞后效果。

### 2.3 声波增产

1978年, 前苏联对西西伯利亚萨莫特洛尔的一口油井进行了声波增产试验。处理前, 该井的日均产量已由1977年的500吨/日下降到1978年10月的76吨/日。用20kHz、2kW/m<sup>2</sup>的声波作用6个小时, 油井产量上升到187吨/日。以后产量直线上升, 到声作用结束时, 油井产量达到764吨/日。此后, 油井平均产量达到740吨/日, 增产效果保持了近一年, 累计增油9万吨。

### 2.4 声波提高采收率

孙仁远等人采用微观透明孔隙模型和人造石英砂岩, 研究了超声波对水驱采收率的影响<sup>[4]</sup>。试验结果表明: 超声波作用可以在水驱油的基础上提高原油采收率, 并降低产出液的含水率。

### 2.5 声波降粘

前苏联研究了超声波对原油粘度的影响。实验研究发现: 原油在声强为8~100kW/m<sup>2</sup>, 频率为20kHz~4.5MHz的声场中, 原油粘度下降20~30%。

黄序韬等人研究了超声波对任邱原油粘度的影响<sup>[6]</sup>。实验测量了超声处理原油在40~80区间的粘温曲线, 与热力学场中同一温度区间的粘温曲线相比, 原油粘度下降了25~30%。

### 2.6 超声波防蜡

1967年, 前苏联对老格罗兹内油田原油进行了

超声波防蜡试验<sup>[1]</sup>。试验表明:在超声波的作用下,以比蜡熔点低得多的温度就可以使纯蜡完全溶解在原油中,得到含蜡高达50%的原油。而不加超声只提高原油温度,发现只有当原油温度提高到55~60时,纯蜡才能溶解到原油中去。

### 2.7 超声波防垢

1977年,前苏联在达格斯坦苏阿姆斯库油田进行了超声波防垢试验<sup>[1]</sup>。该油田水的矿化度为130克/升,硬度为595毫克当量/升,在温度52~56、压力2~2.5大气压的条件下,地面管线的盐垢沉积速度达到1毫米/昼夜,使得管线在2~3个月就被堵死。在管道内安装了连续工作的超声波发生器后,管道运行通畅。

## 3 声波采油的机理

声波采油的机理主要来源于声波的振动作用、空化作用以及热作用等,具体分析主要有以下几个方面:

### (1) 声波的振动作用:

向地层中辐射的大功率声波,可以降低毛细管中油水界面的表面张力,使含有残余油的毛细管在声波的作用下产生振动,导致毛细管半径发生时大时小的变化。这导致了界面振荡,并减弱了毛细管力对油、水流动的影响。同时,由于振动作用的存在,致使两相流体界面、流体-固体界面产生相对运动,使原油和岩石的附着力减弱,有利于原油的采出。

由于声波的振动作用,垢层微粒获得较大的加速度,从而在界面上产生强烈的剪切力,使垢层从附着介质上脱落,从而达到防垢、解堵等目的。

### (2) 声波的空化作用

声波通过液体时,会使原有的或新生的微气泡发生共振。在声波的稀疏阶段,小气泡迅速地胀大;在压缩阶段,小气泡又迅速地被湮灭。在湮灭的瞬间,小气泡内部可达到几千度的高温,几千乃至几万个大气压。这就是声学中所谓的“空化现象”。空化发生时,其能力足以粉碎一定尺寸的物质微粒。因此,声波可用于解堵、防蜡、防垢等。

### (3) 声波的热作用

声波辐射是一种能量的辐射,由于其在物质中的吸收等原因,必然对物质产生热作用。由于声波的热作用,原油的粘度降低,流动性能改善。

总之,声波采油的机理比较复杂,一般认为是上述作用的综合结果。

## 4 声波采油的发展前景

为了促使油井增产,提高原油采收率,必须不断采用新的工艺技术,依靠科技的进步。声波技术之所以在采油中得到比较广泛的应用,是由于声波采油具有以下优点:

- (1) 作用迅速,增产效果明显;
- (2) 不会对油层产生污染,不会损坏油层;
- (3) 设备费用相对较低,施工工艺简单,成本低,效益高;
- (4) 可与其它增产措施结合使用,优势互补。如声波压裂、声波酸化、声波增注等。
- (5) 适用范围广:适用于低产、低能井以及那些因盐堵、垢堵或者由于油层受到机械杂质污染而渗透率急剧下降的停产井(或死井)的激励和处理;也适用于常规增产措施无法处理的粘土油藏、低渗油藏、致密岩层油藏以及稠油油藏的开发。

鉴于声波采油技术具有成本低、见效快、无污染、效益高以及适用范围广等优点,其应用前景是很乐观的。尤其重要的是,声波采油技术在我国的研究和应用已经具有了一定的基础。因此,声波采油技术必将在我国的石油工业中发挥重要作用,其应用的深度和广度也将不断扩大。

### 参考文献

1. 黄序韬,梁淑寰. 值得注意的采油声学. 声学技术, 1985; 4(1)
2. 孙仁远等. 超声波对岩石渗透率影响的研究. 石油钻采工艺, 1996; 1
3. 严炽培等. 用超声波提高油气渗流速度的研究. 石油大学学报, 1989; 6
4. 孙仁远等. 利用超声波提高注水开发效果的研究. 石油科技进展, 山东:石油大学出版社, 1995
5. 路斌等. 超声波提高油气渗流速度的机理研究. 石油钻采工艺, 1992; 5
6. 黄序韬等. 声波采油的机理及特点研究. 石油学报, 1993; 3
7. 于秋鹤. 大功率超声波发生器的研制及其在采油中的应用. 应用声学, 1992; 11(5)