

# 液固分离实验中的一些进展<sup>\*</sup>

郭军 张军 周永 汪建敏

(中科院力学所,北京 100080)

李清平 安维杰

(中海油研究中心,北京 100027)

**摘要** 本文介绍中科院力学所在液固分离技术方面开展的研究工作。通过有关文献总结、专利调研和国内现场考察,在几种液固分离技术中选用离心方法,建设了相应的模拟试验设备。在实验中,进行了纯油—砂分离、不同比例的油—水—砂分离实验,总结了几个方面的影响因素,选择了一种合理的除砂方法,在胜利油田、华北油田进行了工业现场应用实验,取得了良好结果。

十五期间,从发展海上油气混输特殊工艺要求出发,作为混相增压技术的配套技术,采用离心分离除砂技术,最大限度地减少对多相混输泵的伤害,保证混输工艺的可靠实现。

**关键词** 分离,原油,除砂,旋流

## 1 引言

由于地层构造及开采等问题,许多油田砂害十分严重。在钻井采油中,砂造成卡钻、停产;在地面集输过程中,砂粒造成集输系统设备磨损、堵塞。为此各国随着油田的开发,对砂害的治理越来越重视。

为了解原油除砂技术的发展现状及实际应用情况,我们检索和查询了10年来的中外专利、论文等,并选择国内在新技术应用方面具有代表性的几家陆上油田做了现场调研。

目前国外在油田中除砂已具有多种形式,如油井里采用“砂管”、“除砂器”等阻砂。在地面集输系统中,采用过滤、重力、旋流、加热及化学处理等除砂方式<sup>[1-5]</sup>。不同区域根据各个油田油质、含水量、含泥砂状况,采用不同的方法处理。

对于地面除砂,旋流除砂已经是一项比较成熟的分离技术,在国内外许多油田正在应用。例如:壳牌采油公司,针对它受砂害较重的 Brent 油田,同克莱伯斯石油技术公司合作研制出了一种井口旋流除砂器<sup>[6]</sup>(见图 1),最初于 20 世纪 90 年代中期安装到浅海平台进行试验。这口安装了除砂器的油井,砂害得到了有效控制。

---

\* 中国科学院“十五”重大项目资助(KJCX2-SW-L03)

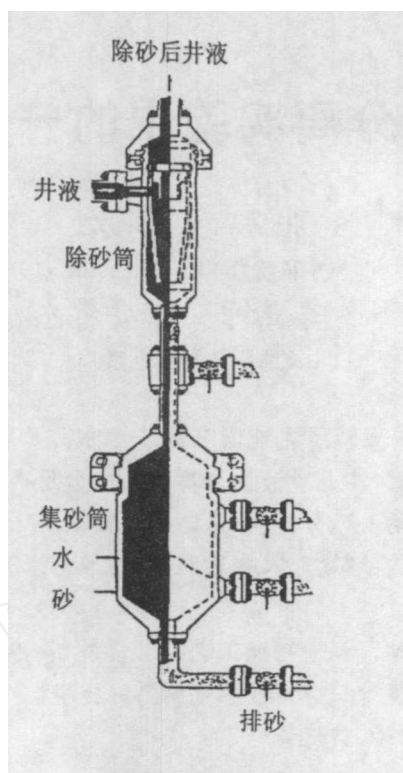


图 1

## 2 模拟实验

### 2.1 实验装置

在参考相关文献资料的基础上,经模拟计算和多次中小型试验,中科院力学所液固分离实验室设计出了适用于国内油田出砂情况的旋流式油砂分离器及与之配套的洗砂、浓缩等一系列设备及处理工艺。下面以 NXS13 型分离器模型为例进行介绍。

实验装置由以下几个部分组成:敞口容器 A、B、C(C 为废液容器)、泵 1、分离器 2、砂斗 3、压力表 4、流量计 5、阀门和联接管道,如图 2 所示。这套实验装置的目的是用来测试分离器对不同粒径的泥砂在不同温度、压力、不同比例的油水混合液等条件下的分离能力。图 3 为设备的照片。

实验过程是:配置不同粒径的试验用砂组成砂样,在容器 A 和 B 内混合好一定比例的试验用液体,关闭阀门 7,启动泵 1,调节阀 6,达到预定的流量和压力,待实验装置运转状态稳定后,将砂样倒入敞口容器 A 或 B 内开始计时,环循运转一定时间后关闭实验装置。最后是排砂及称量、分析。

### 2.2 试验及分析

实验参数:分离器号:NXS13(进口、溢口直径为 50mm);容器有效容积  $V = 0.36 \text{ m}^3$ (其中柴油与水的体积比为 1 比 1);实验流量  $Q = 30 \text{ m}^3/\text{h}$ ;泵出口压力  $P = 0.5 \text{ MPa}$ ;分离器入口

压力  $p_A = 0.4 \text{ MPa}$ ; 分离器出口压力  $p_B = 0.25 \text{ MPa}$ ; 室温  $T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 混合液温度  $t = 19 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

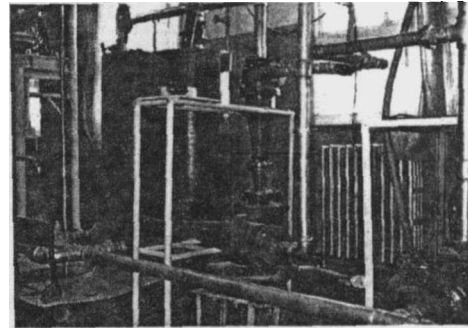
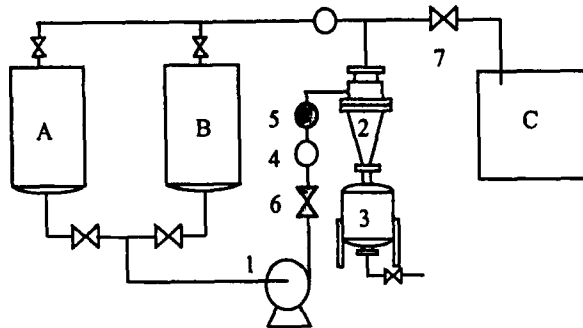


图2 实验装置示意图

图3 实验装置实例

在容器内投入试验用样砂 450g, 其粒径组成见表 1。

表1 样砂粒径分布

粒径	$\geq 40$ 目	60 目	80 目	$\leq 100$ 目	总计
质量(g)	100	120	130	100	450

试验装置循环运转, 共启动 4 次, 每次 90s。每次关泵 30s 后打开砂斗取砂, 干燥后称重, 结果见表 2。

从所得表 2 中可以看出: 试验装置第一次运转分离出的砂最多, 占总出砂量的 48.6%, 然后依次递减。4 次试验总计出砂 370g, 为加入样砂总量的 82.2%。考虑受到管线结构、实验系统内残留等不利的因素影响, 实际的分离效率应该可以更高。

表2 试验后称量结果

次数	1	2	3	4	总计
质量(g)	180	105	55	30	370

对分离出的 370g 砂再次进行筛分, 粒径分布结果见表 3。图 4 为分离前后砂粒径对比, 可以看出: 分离后 80 目砂的质量增加, 我们认为这与部分 40、60 目砂在分离实验过程中破碎有关; 随着粒径的减小, 分离难度在增加, 分离效率在降低。

表3 试验后砂的粒径分布

粒径	≥40目	60目	80目	100	≤100目	总计
质量(g)	65	79	170	37	19	370

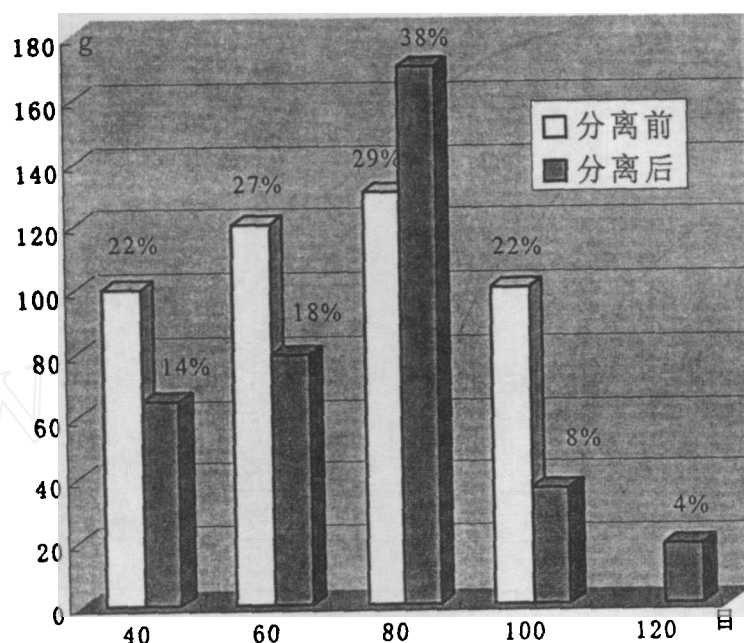


图4 分离前后砂样粒径对比

### 2.3 讨论

(1) 模拟实验为单分离器循环实验,在工业化生产中适用逐级分离工艺,采用一系列分离器串联处理不同浓度、不同粒径的固体颗粒物,可以有效提高整套分离系统的处理效率。

(2) 为避免砂粒在分离系统内残留,设计中应注意管线结构、接口等处的细节,尽量减少弯头、阀门、法兰数量,增大转角半径,避免管线盲区。

(3) 压力和流速是影响分离效率的重要因素,旋流分离器进、溢口压差应控制在 0.05~0.15MPa 范围内,流速应尽量大于砂的沉降速度。

### 3 工程应用

以一系列分离器为核心,辅助以管网、洗砂、脱水等工艺,针对油田的不同难题,在胜利、华北、大港、辽河等油田加以应用。取得了良好的效果。

#### 3.1 在线式除砂

国内外许多油田,采出液中携带的泥砂较多。在砂粒的冲刷及侵蚀下,对抽油泵、阀门、输送管线造成严重危害,大大降低了设备的使用寿命。而且泥砂易在地面集输站的沉降罐、储油罐和运输管线内沉降,致使有效容积减小,影响正常生产。在线式除砂解决了这个难题。固液分离设备安装在井口或集输管线上,在原油的输送过程中,将内部的固体颗粒物去除。图 5 为在线式除砂设备实例。技术参数为:分离器为 NXS25 型;日处理液量 20 000m<sup>3</sup>;不停产连续自动清除集输系统来液砂砾;可手动或自动排砂;无污染排放;除砂效率不低于 90%;除砂粒径不小于 76μm;压力损耗不大于 0.05~0.15MPa;设备外型尺寸为 6m×5m×4m。

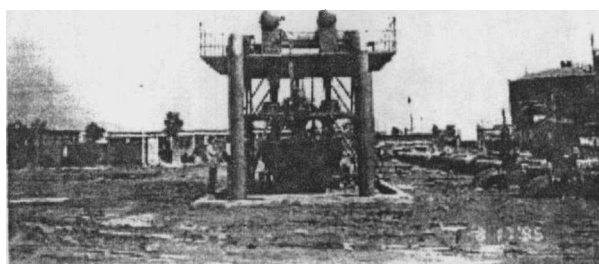


图 5 在线式除砂设备

#### 3.2 密闭罐体除砂

由于出砂严重,一些油田的斜板除砂器每半月要清一次、油水沉降分离罐每两个月要清一次、污水沉降罐每 40 天清一次。清理罐内的泥砂需要倒罐、停产,大大加重了生产负担。而且清出的带油泥砂处理还是个大问题,征地排放不仅污染了当地环境,环保部门的惩罚还间接增大了采油成本。通过罐内铺设的管网,将罐内沉积的泥砂经旋流分离器分离后排至除砂箱体,再经过旋流器的多级清洗、除油,最后浓缩外排。这套装置切实有效地解决了密闭罐体不停产清罐的问题,并且根治了油泥对当地环境的污染。图 6 为油水沉降分离罐密闭除砂系统室内部分,其有效去除固体颗粒物的粒径范围为大于或等于 120 目。图 7 为污水罐污泥治理系统室内部分的照片,其核心装置为旋流固液分离器,辅助以曝气沉降等工艺,与图 6 所示系统相比,污泥治理系统处理的固体颗粒物粒径可在 200 目左右。

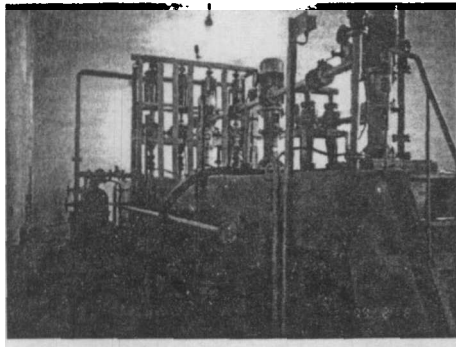


图6 沉降罐密闭除砂系统

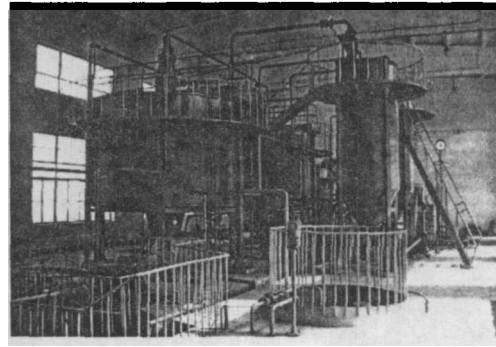


图7 污泥治理系统

#### 4 发展方向

我所研发的固液分离装置经多次工程实践证明,是一项成熟可靠的实用技术,在石油、矿山等行业具有广范的应用前景。

在十五期间,从发展海上油气混输特殊工艺要求出发,作为混相增压技术的配套技术,采用旋流分离除砂技术,可以最大限度的减小对多相混输泵的长输管线的伤害,保证混输工艺的可靠实现。

#### 参 考 文 献

- 1 杨立芹,王轶君.石油矿场机械. 2001. 2 常银环,韩信,行登恺.油气田地面工程. 1996.
- 3 徐继润,罗茜.水力旋流器流场理论.北京:科学出版社,1998.
- 4 Nicola Gordon. World Oil. 1997.
- 5 赵炜. 国外石油机械. 1998.
- 6 T. L. Danyluk, R. C. Chachula, S. C. Solanki, USA JPT, 1998.

### Some Developments in The Desanding Test Hydraulic

Guo Jun      Zhang Jun

Zhou Yong      Wang Jian-min

(Institute of Mechanics, Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China)

Li Qing-ping      An Wei-jie

(China National Offshore Oil CORP, Beijing 100027, China)

**Abstract:** The research work on the developments in solid-liquid separation tests is presented in this paper. Based on papers' review and industry survey, we selected hydrocyclone for desanding, and then the corresponding device was set up in Institute of Mechanics. From the simulation experiments, a rational desanding method has been selected and applied in some oil field, such as Sheng-Li and Hua-Bei oil field.

During the period of The 10th Five-year of CAS' , it's an important technology to transport oil-gas flow by pipe line. As the sand is separated from oil-gas multiphase flow, it can prevent the multiphase pump from being damaged, and keeps the pumps working orderly.

**Key words:** separation, crude oil, desanding, hydrocyclone

www.cnki.net