

# 新液固分离系统实验进展

郭军<sup>1</sup> 张军<sup>1</sup> 郑之初<sup>1</sup> 李清平<sup>2</sup>  
安维杰<sup>2</sup> 唐驰<sup>1</sup> 龚道童<sup>1</sup>

(1.中科院力学所, 北京 100080; 2.中海油研究中心, 北京 100027)

**摘要** 介绍力学所建造根据实际工艺情况设计的油中除砂技术的模拟试验设备。它是采用泵站和引射器按一定油水配比混合油、水、砂, 进入两级离心式分离器逐级分离, 在出口处设置残砂捕集器, 把分离器溢口流出的小砂粒收集起来, 从入口是砂的称量结果, 和分离器、捕砂器收集到的砂量, 可以得到分离器的效率和除砂粒径范围。经过多次不同比例的低黏度油、水、80目以下粒径的砂分离实验, 实验结果表明: 分离效率在95%以上, 为下一步在陆上油田和海上石油平台的应用打下坚实的基础。在此基础上, 继续探索稠油除砂和分离效率更高的分离器。

**关键词** 液固分离, 旋流分离器, 油中除砂, 捕集器

## 1 前言

许多国家中的油田, 由于地层构造及开采等问题, 导致油田中的泥(砂)害十分严重。在钻井采油中, 砂造成卡钻、停产。在地面工程中, 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。目前国外在油田中除砂有多种形式, 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>[2-5]</sup>。不同地区根据各个油田油质、含水量、含泥砂状况, 采用不同的方法处理。在地面除砂中, 旋流除砂已经是一项比较成熟的分离技术, 我所研发的离心式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, 我们选用旋流分离除砂技术<sup>[1]</sup>, 达到中海油提出的100目以上的砂效率为90%。旋流除砂技术, 其优点在于: 旋流器结构紧凑, 占地少, 投资费用低; 具有较好的固液分离效果, 能够适应油田连续性生产; 结构简单, 无运动部件, 易于操作和维护; 但其不足之处在于: 一般只能分离两相, 对多相(如含气), 分离效率会受到影响, 所以用于含气除砂必须先去除气而后进行除砂。除砂后能最大限度的减小对多相混输泵及长输管线的磨损, 保证混输可靠运行。

## 2 模拟实验设备

### 2.1 新系统

为达到上述目标力学所建造了液固分离实验系统,为研制混输泵配套的除砂系统服务。原理见图1。

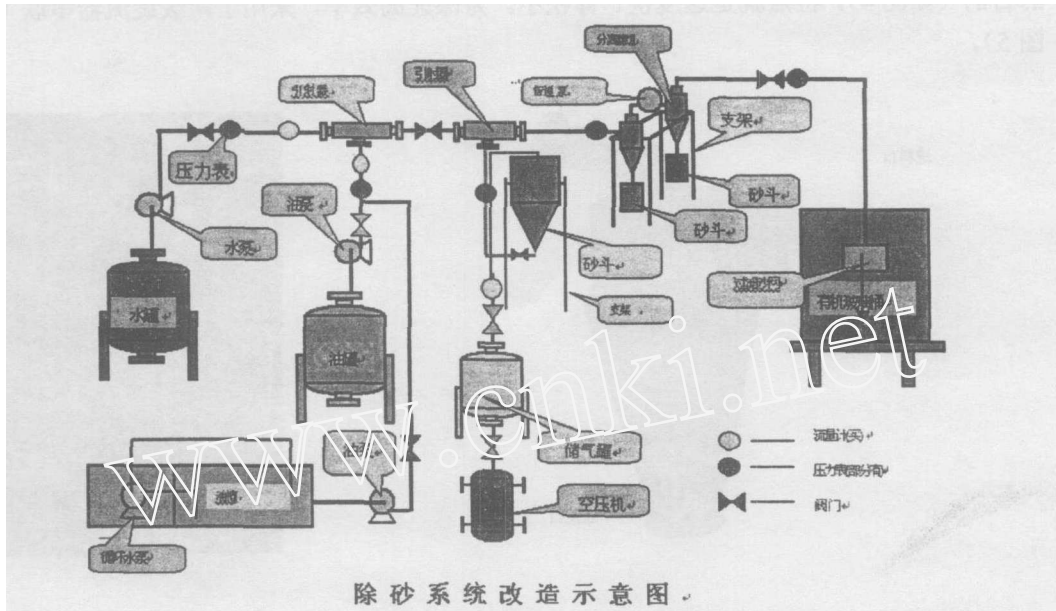


图1 除砂系统原理图

它是采用引射器混合油、水、砂,然后进入两级分离器逐级分离,提高分离效率;在出口处设置出口捕砂器,把溢口流出的小砂粒收集起来,从入口处砂的称量结果,以分离器处收集到的砂量以及捕砂器处得到的砂量,可以得到分离器的效率和除砂范围。本套系统有3个关键装置。

### 2.2 加砂器

它包括进气管、进水管、加砂管、压力表及阀门等。采用引射器引入砂,可以用压缩空气引入,也可用水引入。能控制加砂速度,提高分离器分离效率,砂粒形状、粒径不易被破坏,能够得到分离器准确效率。图2为已加工完成的加砂器装备。

### 2.3 捕集器

以前是把没被离心式分离器分离出来的残砂随溢口液体混流到下一级容器里,再从液体中把砂过滤出来,计量很费劲,新系统由一级过滤网、二级过滤网及溢流外筒组成。其中溢流外筒壁上的孔径和数量的选择是很重要的,它可以影响到分离器的效率。这套系统直接是把溢出的小颗粒捕集到两层滤网里,从而很方便



得到分离器没分离出来的砂。图 3 为装于系统上的捕集器。

## 2.4 分离器

液固分离的关键部件，是利用旋流的原理把液固两相中的重质相分离下来，来液由进料口以一定流速进入旋转腔高速旋转，重质相沿壁而下，轻质相在中心旋转而上，达到分离的目的（如图 4）。特点就是速度快、体积小。为保证高效率，采用了两级旋流器串联（见图 5）。



图 4 旋流分离器结构原理图

图 5 两级分离器设备图

## 2.5 新装置的特点

新系统改进了旧系统的砂加入方式、油水混合方式、材料及配以两级分离器。图 6 和图 7 为旧系统工艺流程图和和设备照片。

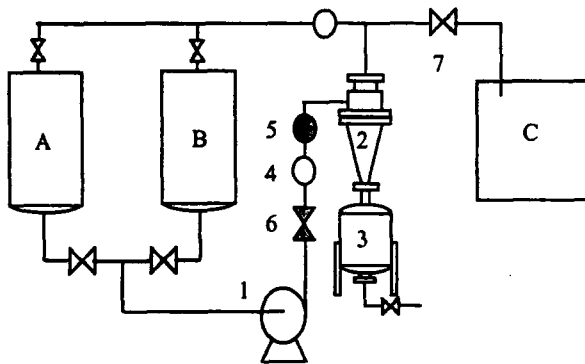


图 6 旧系统流程图

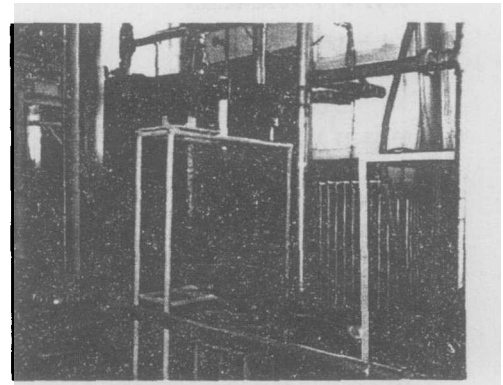


图 7 旧系统设备图

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

旧系统为单分离器循环实验；砂粒在分离系统内残留及垢和铁锈的混入影响实验结果准确性；还有离心泵的影响，破碎了砂粒形状，粒径受到影响。现在实验系统根据生产实际情况而进行了改造，取得了以下进展：① 利用注射器混合油、水、砂，通过控制油泵、水泵的流量来实现不同配比油水混合物在不同流速下的除砂效率，不再因为离心泵改变砂的粒径而影响分离器效率，探求在何种条件下分离器的效率达到最佳；② 两级分离器逐级分离，第二级分离器就要把第一级没除掉的细一点的砂分离出来从而提高整体分离效率；③ 设置了出口捕砂器，把混合在油水中从分离器溢出的砂捕捉到，精确得到加入到系统中全部砂的组成；④ 管线和管件采用不锈钢，从而避免管道因生锈、结垢影响实验结果的准确性；⑤ 在管线设计中注意了结构、接口等处，尽量减少弯头、阀门、法兰数量，增大转角半径，避免管线盲区；在每次实验结束后，都可以用水或压缩空气清洗管道，消除砂残留对新实验结果的影响。

### 3 实验结果及今后工作

实验 1 为装备运行调试。采用流体为自来水，砂为较粗的 20~40 目的自然形状砂，参数见表 1。泵的流量为  $9.2\text{m}^3/\text{h}$ ，压力为  $0.45\text{MPa}$ ，砂的引入为压缩空气压入，压力为  $0.05\text{MPa}$ 。开泵运行稳定后打开砂的阀门，砂均匀的流下，待完全加入后约 20s 关闭水泵。约 5min 后打开砂斗排出砂，取出捕集器内的砂网收集其中的砂，处理后的结果如下表 1 至表 3 和图 8、图 9。

表 1 实验数据

实验前加入砂质量 (g)	粒径组成	20~40 目	40~60 目	60~80 目	<80 目
			2017	0	0
一级分离器质量/g		1674	171.5	19.5	64.5
二级分离器质量/g		0	4	0	0
捕集器质量/g		0	0	0	0
分离出砂总重	19 33.5 g				
除砂效率	约 96%				

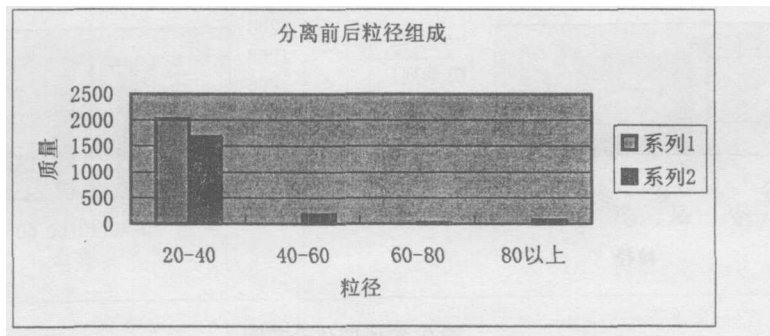


图 8 粒径变化分

系列 1 为分离前砂的组成  
系列 2 为分离后砂的组成

实验 2 和实验 3 其中两组典型实验数据, 介质为 LP14 油、水、砂。

表 2 分离实验参数

瞬间油流量 (m <sup>3</sup> /h)	瞬间水流量 (m <sup>3</sup> /h)	总流量 (m <sup>3</sup> /h)	主管流速 (m/s)	油压力 (MPa)	水压力 (MPa)	引入方式	空气压力 (MPa)	一级分离器前压力 (MPa)	二级前压力 (MPa)
6.88	4.917	11.80	2.61	0.57	0.565	加水, 空气引入	0.08	0.125	0.075
1.0	8.0	9.0	1.99	0.405	0.48	水引入	0	0.075	0.05

砂的数据:

表 3 分离前后砂的参数

实验前加入砂质量 /g	粒径组成	20-40 目	40-60 目	60-80 目	<80 目
	实验 2	1758.5	241.5	100	0
	实验 3	991	957	297	0
一级分离器质量/g	实验 2	1503.1	320.8	72.9	23
	实验 3	923.5	712.5	239	0
二级分离器质量/g	实验 2	0	10.5	72.3	39.5
	实验 3	49	159	101	0
捕集器质量/g	实验 2	0	0	0	16
	实验 3	0	0	0	0
分离出砂总重	实验 2	2058.1			
	实验 3	2184g			
除砂效率	实验 2	2058.1/2100=98%			
	实验 3	2184/2245=97.3%			

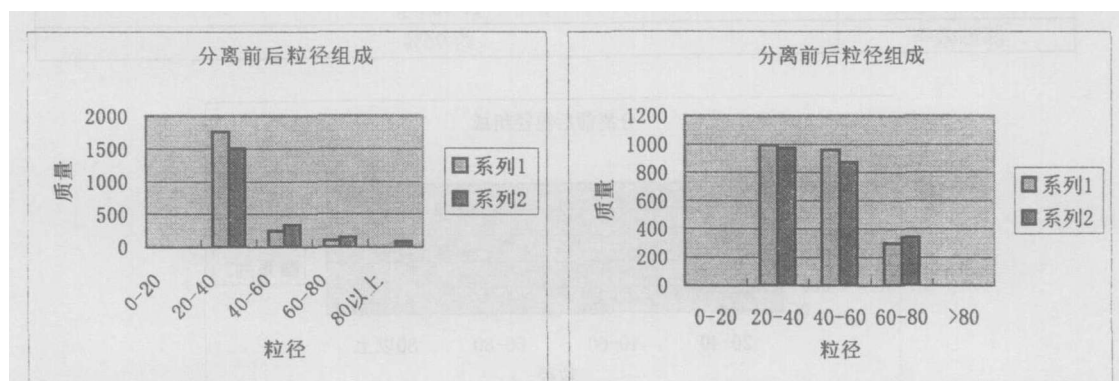


图 9 粒径变化分布图

系列 1 为分离前砂的组成

系列 2 为分离后砂的组成

### 3.1 新系统设备

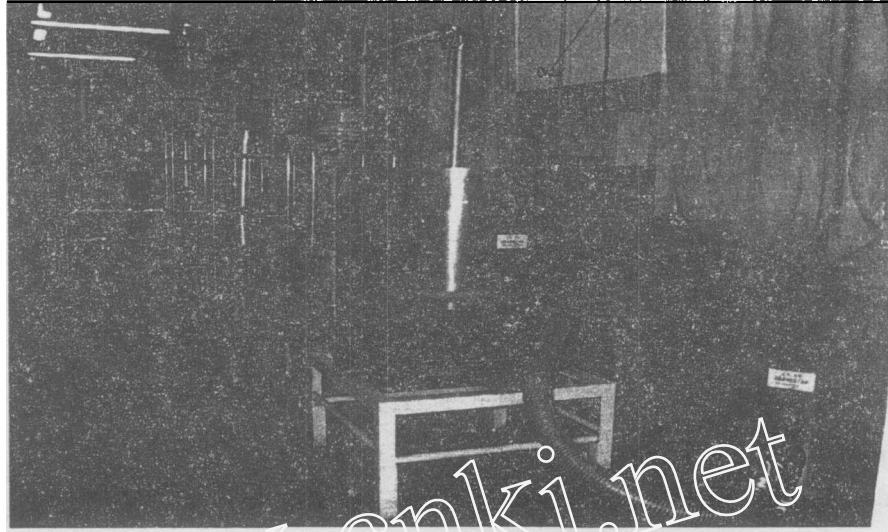


图 10 改造后新实验系统

### 3.2 分析

虽然采用了引射器引入砂,不存在离心泵叶轮的破坏,但砂为自然形状,有尖角,在加入过程中和管壁的碰撞,还有在旋流分离器中高速运动而存在少量砂的破坏,所以导致分离前后粒径的变化。如果采用抛光后的砂,这种情况可能要好很多或不存在。

### 3.3 黏结论

经过初步实验,这套新除砂系统性能很好,达到了设计要求。实验 2、3 用的低黏度油和水、砂,水中含油为 10%到 50%,粒径大于 80 目的砂分离效率可以超过 95%,在高含油和黏稠油或粒径更小砂的情况下分离效率可能会有变化。今后的工作就是做不同油水比例、不同流速、不同黏度油品、不同粒径砂的分离实验来验证分离器的除砂效率,并探索稠油除砂和研制更好的分离器。把得到的结果推广应用到陆上油田、海上平台。

## 参 考 文 献

- 1 郭军,张军,周永,等.固液分离实验中的一些进展.见:第十七届水动力学研讨会暨第六届全国水动力学学术会议文集.2004,985-991
- 2 杨立芹,王铁君.石油矿场机械.2001,30(1).
- 3 常银环,韩信,行登恺.油气田地面工程.1996,15(5).
- 4 徐继润,罗茜.水力旋流器流场理论.北京:科学出版社,1998.
- 5 Nicola Gordon, Wold. 1997.
- 6 赵炜.国外石油机械.1998,9(5).
- 7 郭军,张军,唐驰,等.新液固分离实验系统.见:第十届全国海事技术研讨会(张家界)文集.2005.

- 8 郭军,张军,郑之初等. 油气水砂离心实验研究与高效油气水砂分离器研制. 见: 国家高技术研究发展计划(863 计划)资源环境领域中国深水油气开发工程高技术论坛论文集, 2005,86-91.

## The experimental development for a novel liquid-solid Separating system

Guo Jun<sup>1</sup> Zhang Jun<sup>1</sup> Zheng Zhi-chu<sup>1</sup> Li Qing-ping<sup>2</sup>  
AN Wei-jie<sup>2</sup> Tang Chi<sup>2</sup> Gong Dao-tong

(1. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Science, Beijing 100080;

2. China National Offshore Oil CORP, Beijing 100027)

**Abstract:** In this paper the simulated experimental instrument of oil desanding technique is introduced, which was constructed in Institute of Mechanics and was close to practical situations. Its operational principle is mixing oil, water and sand according to certain oil-water proportions using pumps and an injector, then separating step by step in two-stage centrifugal separator; next installing outlet catcher to collect small sand particles which pass the outflow lip, finally the separating efficiency and the desanding range of particle size can be obtained by analyzing the measurement results of sand quantities at inlet side, separator and catcher. The instrument has been built and operates well, and good separating results have been obtained from the preliminary experimental data for a certain range of sand particle size.

**Key word:** liquid-solid separating, hydrocyclone separator, oil desanding, catcher