

---

# 大庆油田水处理新技术 实践与管理文集

---

《大庆油田水处理新技术实践与管理文集》编委会 编



石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书汇集了大庆油田水处理方面的论文 47 篇,从除油、过滤、配套、污泥处理、洗井、分析、管理等方面介绍了大庆油田水处理的成果,并且介绍了大庆油田水处理新工艺、新技术试验的发展情况。

本书适合油田水处理方面的科研人员、管理人员以及高校相关专业的师生阅读。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

大庆油田水处理新技术实践与管理文集/《大庆油田  
水处理新技术实践与管理文集》编委会编. —北京:  
石油工业出版社, 2012. 9

ISBN 978 - 7 - 5021 - 9266 - 2

I. 大…

II. 大…

III. 注水 (油气田) —水处理—文集

IV. X741 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 209320 号

---

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: [www.petropub.com.cn](http://www.petropub.com.cn)

编辑部: (010) 64523563 发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

---

2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本: 1/16 印张: 20.25

字数: 514 千字

---

定价: 85.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

# 《大庆油田水处理新技术实践与管理文集》 编委会

主任：李杰训

副主任：韩凤臣

委员：张昌兴 陈忠喜 董喜贵 卢东峰 黄有泉 孟令尊  
刘建发 马士平 孙庆友 王明信 张传绪 张宏奇  
杨清民 夏福军 郭志东 孔德涛

主编：白春云

副主编：舒志明 古文革 侯伟华

# 前 言

随着大庆油田开发的不断深入，油田采出水处理作为油田生产的重要环节，一直以来受到油田领导和科研人员的高度重视。由于油田采出水经过处理后回注地层，所以水质的好坏将直接影响到驱油效果。大庆油田采出水回注指标经多次修改变化，目前对回注层位的划分更加精细、对水质的要求更加严格，而要实现这一水质指标要求，采出水处理的难度更大。

“十一五”以来，大庆油田在采出水处理技术方面投入了大量的人力和物力，取得了大量的科研成果。提高沉降分离效率技术、过滤罐改进及滤料反冲洗优化调整技术、污泥减量化技术、物理杀菌技术等一批研究成果应用到实际生产当中，取得了较好的应用效果。改善了油田注入水质，实现了对油田采出水的有效处理和循环利用，为油田精细注水开发提供了水质保障。同时，对微生物处理、膜处理、磁分离、悬浮污泥过滤、二氧化氯杀菌等一些新工艺、新技术进行了探索试验，但能否适应“十二五”大庆油田采出水处理还需进一步的研究论证。

本书共收集论文 47 篇，内容涉及油田采出水处理的各个领域和环节，是大庆油田科研工作者和生产管理人员的智慧结晶以及经验的总结，具有很高的学术价值和借鉴意义。同时，也将对进一步总结大庆油田“十一五”以来油田采出水处理系统取得的经验和教训，加强技术交流，提高技术和管理水平起到十分重要的作用。

编 者

# 目 录

## 第一部分 除油技术

- 提高污水处理水平,为油田精细注水提供优质水源 ..... 韩凤臣 陈忠喜 白春云等 (3)
- 集输系统沉降罐加气浮提高除油效率试验研究 ..... 苗宝林 刘兴华 刘雪娇等 (8)
- 污水处理系统沉降罐加气浮技术及应用 ..... 房 永 赵秋实 (12)
- 改造收油流程提高污水处理站的收油效率 ..... 杨博域 (20)
- 污水沉降罐连续收油工艺技术研究 ..... 吴朋兵 张志娟 祁 木 (24)
- 呼伦贝尔油田已建含油污水系统达标处理技术研究进展  
..... 金国双 孟令东 于艳丽 (29)
- 东十六特低渗透采出水处理工程应用实践 ..... 杨晓峰 李 影 (34)

## 第二部分 过滤技术

- 金刚砂精细过滤技术现场试验效果分析 ..... 韩京恩 曹玉倩 何晓君 (45)
- 大庆油田水处理“典型站”反冲洗参数优化现场试验 ... 舒志明 程晓庆 岑立宏 (55)
- 浅谈连续砂滤技术在油田污水处理中的应用 ..... 于大伟 (66)
- 萨北油田污水处理过滤工艺运行情况分析 ..... 华 伟 (70)
- 污水处理站反冲洗控制系统的闭环控制改进 ..... 贺明庆 阎常忠 于 玲等 (76)
- 油田污水处理反冲洗控制系统标准化管理示范工程 ..... 任彦中 (82)

## 第三部分 配套技术

- 高级催化氧化技术处理含聚合物污水试验研究 ..... 苗宝林 周 挺 于 雅等 (89)
- 多相催化氧化杀菌技术在聚合物驱和三元复合驱采出水处理中的应用  
..... 古文革 冯英明 丛 丽 (94)
- 含油污水紫外杀菌及配套技术研究 ..... 杨庆鸿 阎常忠 (101)
- 硫化物处理技术现场试验 ..... 张永恒 姜国强 (108)

## 第四部分 污泥处理技术

- 油田含油污泥调质—离心处理工艺技术研究 ..... 卢中民 孔维军 焦树景 (117)
- 污泥稠化工艺在应用中的几点认识 ..... 冯连德 丁肇庆 张 勇 (125)
- 污泥浓缩及离心脱水工艺技术应用探讨 ..... 陈思媛 (130)
- 国内外油田含油污泥处理技术综述 ..... 马 骏 (136)
- 杏北含油污泥处理工艺现状及运行效果 ..... 马 骏 (142)

## 第五部分 洗井与干线冲洗

- 注水井环保型洗井技术与现场应用 ..... 许万利 张丽 孙房勇 (149)
- 杏北油田注水干线冲洗技术研究 ..... 诸葛祥龙 (154)
- 注水干线冲洗水、回收水处理技术应用效果分析 ..... 舒志明 白春云 (160)
- 注水管线气旋流清洗技术研究 ..... 张旭 于森 (170)
- 注水管线射流清洗技术研究及应用 ..... 李波 韩文超 张丹丹等 (176)
- 注水水质二次污染的几点认识 ..... 张滨 (180)

## 第六部分 分析化验

- 含聚合物采出水悬浮固体含量测定的影响因素分析 ... 江能 吴迪 古文革等 (187)
- 油田采出水中可溶性硫化物快速检测方法研究 ..... 冯晓敏 韩丽华 古文革等 (193)

## 第七部分 运行管理

- 实施“三段”管理,提高化学药剂管理水平 ..... 孙殿国 姜敬涛 (201)
- 运用节点管理法提高回注污水质量 ..... 吕秀敏 刘春钟 (207)
- 水处理工艺技术现场试验效果及认识 ..... 刘祥臣 马文祥 (216)
- 低温集输对含油污水处理的影响及对策 ..... 刘春钟 (222)
- 萨北油田注入水质全程达标保障措施 ..... 徐巍 (230)
- 增强责任意识,细化管理过程,不断提高注入水质合格率 ..... 李冰 (236)

## 第八部分 新工艺、新技术试验探索

- 生化法技术精细处理油田污水工业化应用及效果 ..... 李宗岩 (245)
- 大庆油田气浮选处理工艺应用现状及其试验 ..... 王庆吉 赵秋实 (251)
- 集污斗过滤技术现场试验 ..... 华丽威 于玲玲 (260)
- 悬浮污泥过滤技术在简化污水处理工艺中的适应性分析 ..... 李殿杰 马士平 (265)
- 含聚合物污水膜处理技术工艺优化试验研究 ..... 班辉 刘兴华 孙冰等 (270)
- 清水膜处理技术现场应用 ..... 宋丽明 衣涛 彭秀娥 (279)
- 膜处理技术在杏十五-1含油污水处理站试验 ..... 徐洪君 (285)
- 膜过滤技术在特低渗透油层采出水处理中的应用研究 ..... 杨晓峰 (291)
- 磁加载磁分离工艺处理地下水效果分析 ..... 周发利 董锦辉 董喜荣 (297)
- 二氧化氯杀菌技术在油田注水中的应用 ..... 夏剑军 (303)
- 磁分离技术处理注水干线冲洗水及洗井水的研究 ..... 郭新林 周挺 于寒冰等 (309)

# 第一部分 除油技术





# 提高污水处理水平,为油田精细注水提供优质水源

韩凤臣<sup>1</sup> 陈忠喜<sup>2</sup> 白春云<sup>1</sup> 侯伟华<sup>1</sup> 古文革<sup>2</sup> 舒志明<sup>2</sup>

(1. 大庆油田有限责任公司开发部;2. 大庆油田有限责任公司油田建设设计研究院)

**摘要** 大庆油田始终坚持“把水量当产量来管,把水质当措施来抓”的理念,根据油田不同开发阶段的需求,按照“系统管理,过程控制,严格考核”的思路,不断完善水质标准和管理体系,创新形成了4大工艺流程和“环节控制”管理方法,使水质达标率稳步提高,并保持在较高水平,并提出了水质管理工作的几点认识。

**关键词** 水质管理 环节控制 污水处理 水质达标

多年来,大庆油田始终坚持“把水量当产量来管,把水质当措施来抓”的理念,根据油田不同开发阶段的需求,按照“系统管理,过程控制,严格考核”的思路,不断完善水质标准和管理体系,创新形成了四大工艺流程和“环节控制”管理方法,解决了油田采出水处理量大、水质成分复杂的难题,满足了不同类型油藏的水质需求。

## 1 完善水质标准

大庆油田开发以来,经过几次大规模的层系井网调整,根据油层物性的特点,划分为多套开发层系。由于每套层系油层的渗透率不同,对水质的要求也不同。特别是1996年以来,大规模推广了聚合物驱油技术,导致油田采出水成分日趋复杂,对回注污水的水质提出了新的要求。为此,不断细化和完善了水质标准,很好地适应了油田开发需要。

### 1.1 按照渗透率级别对水质标准进行细化

在中国石油天然气股份有限公司颁布的SY/T 5329—94《碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法》的基础上,按照渗透率级别对水质标准进行细化,由行业标准的3级细分为5级(表1),适应了不同渗透率油层的水质需要。

表1 标准分级对比表

类别	渗透率(D)														
	<0.1					0.1~0.6					>0.6				
企业标准分级	<0.02			0.02~0.1			0.1~0.3			0.3~0.6			>0.6		
指标分类	含油	悬浮物	中值	含油	悬浮物	中值	含油	悬浮物	中值	含油	悬浮物	中值	含油	悬浮物	中值
标准	5	1	1	8	3	2	10	5	2	15	5	3	20	10	3
油田老区	三次井网			二、三次井网			一次、基础井网			一次、基础井网			基础井网		
油田外围	扶扬油层			扶扬、萨葡			萨葡			—			—		

### 1.2 提高低渗透率水质标准

大庆外围油田渗透率低,最低可以到0.1mD(表2),对水质标准的要求更高,为此外围油田水质标准由“8.3.2”提高到了“5.1.1”。

表 2 大庆油田特低渗透率执行标准对比表

项目	标准	渗透率(D)	含油量(mg/L)	悬浮固体含量(mg/L)	悬浮物粒径中值(μm)
原执行标准	SY/T 5329—94	<0.1	8	3	2
现执行标准	Q/DQ 0605—2006	<0.02	5	1	1

1.3 制定了含聚合物污水回注水质控制标准  
 现行含聚合物污水回注水质控制标准见表 3。

表 3 大庆油田含聚合物注入水水质控制指标

平均空气渗透率(D)	0.02~0.1	0.1~0.3	0.3~0.6	>0.6
含油量(mg/L)	5	10	15	20
悬浮固体含量(mg/L)	5	10	15	20
粒径中值(μm)	2	3	3	5
SRB(个/mL)	100	100	100	100
腐生菌(个/mL)	$n \times 10^2$	$n \times 10^3$	$n \times 10^3$	$n \times 10^4$
铁细菌(个/mL)	$n \times 10^2$	$n \times 10^3$	$n \times 10^3$	$n \times 10^4$
平均腐蚀率(mm/a)	<0.076			

## 2 创新发展水处理工艺技术

目前,大庆油田共有各类采出水处理站 176 座,建成了国内最大的工业污水处理系统,年处理回注量达到  $4.96 \times 10^8 \text{m}^3$ 。为满足油田含油污水处理及油田开发注水的要求,形成了四大水处理工艺:

(1)高渗透油藏水处理工艺。针对高渗透油藏的特点,形成了以两级沉降+压力过滤为主的三段水处理流程,达到“20.10.3”水质指标要求。

(2)低渗透油藏水处理工艺。针对低渗透油藏特点,形成了普通污水处理+两级过滤为主的深度污水处理流程,达到“8.3.2”水质指标要求。

(3)特低渗透油藏水处理工艺。针对特低渗透油藏特点,采用深度污水处理+膜处理为主的水处理流程,达到“5.1.1”水质指标要求。

(4)聚合物驱水处理工艺。在原有两级沉降+压力过滤处理工艺基础上,优化运行参数,达到“20.20.5”水质指标要求。

近年来,随着三次采油和低温集输技术的推广应用,采出水特性发生了很大变化,存在黏度大、乳化程度高、沉降分离难等问题。为保证已建系统处理效果,在沉降分离、过滤和配套技术方面,加大了技术改造和研发力度,主要有以下 4 项技术:

一是沉降罐加气浮技术。针对采出水成分复杂、已建沉降分离效率降低的难题,研发了沉降罐加气浮技术,提高了“大罐沉降”效率,充分发挥了现有设备能力。通过增设管式反应器、上下层布气穿孔管和溶气泵,使原有沉降罐增加了气浮功能,解决了现有沉降罐处理效率低的问题,改造后,含油去除率提高 25% 以上,悬浮固体去除率提高 20% 以上。

二是气水反冲洗技术。针对污水含聚合物后滤料再生效果差和频繁跑料等问题,开发应用了气水反冲洗技术,通过气泡对滤料的扰动和搓洗,加速了滤料表面污染物的剥离,提

高了滤料再生质量,与单纯水反冲洗再生相比,节省自耗水量 50%,滤料表面残余含油量 0.5% 以下。

三是紫外线杀菌技术。为解决化学杀菌成本高、易产生耐药性等问题,应用了物理与化学联合杀菌技术,降低了化学药剂的使用量。与单一化学杀菌相比,成本大幅下降,可以减少药剂成本 80% 以上。

四是变强度反冲洗技术。针对污水见聚合物后反冲洗参数不能满足的问题,依据“颗粒碰撞”和“水流剪切”去除原理,研发了变强度反冲洗技术。滤料含油量和悬浮物可以分别降低 85% 和 50%; 过滤出水含油量和悬浮物可以分别降低 31% 和 36%。

### 3 全面推行水质“环节控制”法

污水处理是一个系统工程,符合“木桶效应”,环节缺陷导致系统低效运行。

近年来,我们把油系统和水处理系统作为一个连续的水质管理链,创新形成了“环节控制”管理办法,将其分解成 5 个管理节点,并量化了节点控制指标,细化了 16 项管理措施,以节点达标确保系统达标。

#### 3.1 节点一:油系统出口

通过“两调一清”,实现油站来水指标控制:

- (1) 调界面:调整游离水脱除器和电脱水器界面,控制在 1/3 ~ 2/3 之间最佳位置;
- (2) 调配方:根据来液变化,按一站一方案,跟进调整破乳剂配方及用量,优选优化药剂;
- (3) 清容器:对游离水脱除器和电脱水器每年清淤一次。

油站来水含油量控制指标为:水驱不大于 300mg/L; 聚合物驱不大于 500mg/L。

#### 3.2 节点二:沉降段出口

通过“双定双调”,实现沉降段放水指标控制:

(1) 定量收油:通过调节出水堰和安装小排量收油泵,控制沉降罐污油厚度在 0.3m 以内;

(2) 定期排泥:通过静压穿孔管排泥、负压排泥等工艺,至少 30d 排泥一次,沉降罐污泥厚度控制在 0.5m 以内;

- (3) 调液位:保持高液位运行,增加沉降空间和时间;
- (4) 调药剂:合理调整絮凝剂加药浓度,推行干粉加药。

节点二控制指标:

滤前含油量:水驱不大于 50mg/L; 聚合物驱不大于 100mg/L;

滤前悬浮物:水驱不大于 30mg/L; 聚合物驱不大于 50mg/L。

#### 3.3 节点三:过滤段出口

通过“两控一调”,实现过滤段出水指标控制:

- (1) 控质量:每批滤料必须通过进货检验和现场填装前的二次检验;
- (2) 控细菌:加强物理杀菌设备管理,合理投加杀菌剂用量,保证杀菌效果;
- (3) 调参数:通过 15d 一次的单罐水质化验和 2h 一次的过滤压差分析,动态调整反冲洗参数。

节点三控制指标:

滤后含油量:水驱不大于 20mg/L; 聚合物驱不大于 20mg/L;

滤后悬浮物:水驱不大于 10mg/L; 聚合物驱不大于 20mg/L。

### 3.4 节点四:注水站出口

通过“四定管理”,实现注水站水质指标控制:

- (1) 定时监测:每天 8:00 监测来水水质指标;
- (2) 定量收油:储水罐内安装界面仪监测油厚,保持 20cm 以下;
- (3) 定期清淤:每年人工清淤一次,并检查内防腐情况;
- (4) 定期清洗:注水泵前过滤器每半年清洗一次。

节点四控制指标:水质指标保持进、出站一致。

### 3.5 节点五:注水井口

通过“两清管理(清管线和清井筒)”,实现井口水质指标控制:

(1) 清管线:应用大排量水洗、气旋流、气脉冲和清管器等方法,每年对注水干支线至少清洗一次;

(2) 清井筒:应用罐车和循环洗井车清洗注水井井筒,每年清洗两次。

节点五控制指标:水质达到 DQ 0605—2006 油藏注水水质标准。

## 4 不断完善水质管理体系

### 4.1 明确三级管理职责

制定了《油田注入水水质管理》办法,进一步明确了大庆油田有限责任公司(以下简称油田公司)、采油厂、采油矿(基层队)的各级管理职责。

油田公司开发部职责:一是下达与注入水水质的相关标准、制度及管理规定;二是下达各采油厂(分公司)年度水质考核指标;三是负责油田注入水水质的日常技术管理工作;四是协调解决油田注入水水质存在的问题;五是下达油田公司注入水水质现场抽查检测计划,并组织检测,发布检测公报。

采油厂(分公司)职责:一是将采油厂(分公司)年度水质考核指标分解下达到采油矿(作业区、大队);二是监督水质相关标准、制度、管理规定的执行;三是上报各项改善水质的改造、维修、措施工作量;四是负责分析水质变化,及时掌握全厂、矿(作业区)水质变化情况,监督查找水质异常原因,制定整改措施,并组织实施。重大问题及时上报油田公司开发部。

采油矿(作业区、大队)、污水处理站(队)职责:一是执行注入水水质的相关标准、制度、管理规定;二是执行水处理站、各环节设备的操作规程;三是做好“污水含油”、“悬浮物”两项水质检测及数据录取工作,发现水质异常,及时分析存在的问题,并采取相应措施,无法解决的问题及时向上级汇报。

### 4.2 制订管理规范和操作标准

为了规范油田公司水处理站管理,近两年油田公司开发部组织大庆油田有限责任公司油田建设设计研究院(以下简称设计院)技术人员、采油厂现场管理人员,编制完成了油田注水站、含油污水处理站、深度污水处理站、地下水处理站、地面污水处理站、配水间(增压间)、暴氧站等 7 类站运行操作规程、资料管理规定、检查评比细则 19 项;编制各类站如除油、过滤等单体设备操作标准 15 项;对各类水处理站收油、排泥及滤料、药剂等技术管理要求形成标准 24 项。形成了《大庆油田有限责任公司水处理、注水企业标准汇编》。做到了各级管理人员管理有依据,现场员工操作有规程,检查评比有标准。

### 4.3 加强水质监测工作

要求各采油厂严格执行污水监测规定,每月将水质检测达标情况及未达标站的整改措

施上报油田公司(表4)。3年来,仅公司级就监测水处理站 1670 站次、注水站 570 站次、井口 1215 井次。

表4 大庆油田水质监测频次表

项目	生产岗位	时间间隔	采油厂(分公司)中心化验室	时间间隔	油田公司
含油量(mg/L)	1次/8h	>6h	1次/月	>25d	1~2次/a
悬浮物固体含量(mg/L)	1次/8h	>6h	1次/月	>25d	1~2次/a
粒径中值( $\mu\text{m}$ )	—	—	1次/a	>10个月	1次/a
硫酸盐还原菌(SRB)(个/mL)	—	—	1次/季	>2个月	1~2次/a
腐生菌(TGB)(个/mL)	—	—	1次/季	>2个月	1次/a
铁细菌(IB)(个/mL)	—	—	1次/季	>2个月	1次/a
平均腐蚀率(mm/a)	—	—	1次/a	>10个月	1次/a

#### 4.4 严格考核水质指标

从2003年开始,将水质达标率纳入采油厂业绩考核,每年由开发部组织现场取样,安排设计院化验,发布考核公报,有力促进了水质达标工作。

同时,为了调动水质管理的积极性,开展先进站评比工作。每年对水处理站的制度执行、设备管理等工作组织检查评比,评出10%的水质管理先进站,促进水质管理水平的全面提高。

### 5 水质管理工作的几点认识

通过以上的的工作,在水质成分日益复杂、处理难度日益加大的条件下,水质达标率稳步提高,并保持在较高水平。并使我们充分认识到,提高水质要向先进水处理工艺技术方向发展。油田水处理技术攻关以“外围特低渗透油田采出水精细处理回注、老区低渗透油藏含聚合物污水深度处理回注、三元采出液高效处理”为总体思路,满足油田开发需要,保证生产平稳运行,重点开展以下几项研究工作。

#### (1) 含聚合物污水深度处理工艺技术。

随着油田老区低渗透油藏的开发和采出液全面见聚合物,目前含聚合物污水处理后无法达到回注要求,急需开展“含聚合物污水深度处理工艺技术研究”,使处理后的水质最终达到低渗透油藏“5.5.2”回注指标的要求

#### (2) 含油污水膜处理工艺技术。

随着外围特低渗透油田的开发,采出水靠粒状滤料过滤处理无法达到回注要求,急需开展“含油污水膜处理深入研究和工业化应用”,使处理后的水质最终达到特低渗透油藏“5.1.1”回注指标的要求

#### (3) 三元复合驱采出液离心处理技术。

随着油田三元复合驱开发技术的推广应用,采出液处理难度加大,急需开展“三元复合驱采出液离心处理技术研究”和现场工业化试验应用

#### (4) 含油污水反相破乳剂研发。

目前三元复合驱和高浓度聚合物驱采出水黏度高、乳化严重,导致破乳困难,影响系统平稳运行,急需研发“高效含油污水反相破乳剂”,提高油水分离效果。

**作者简介** 韩凤臣,男,1966年生,高级工程师。东北石油大学采油工程专业毕业。现在大庆油田开发部从事技术管理工作。

# 集输系统沉降罐加气浮提高除油效率试验研究

苗宝林 刘兴华 刘雪娇 寇建国

(大庆油田有限责任公司第二采油厂)

**摘要** 近年来,油田采出水中已普遍见到聚合物,油水分离难度加大,脱水站(放水站)外输污水含油量升高,增加了下游污水站处理负荷,造成处理水质变差。针对这一问题,本文提出了沉降罐加气浮,发挥沉降与气浮的协同效应,改善沉降罐除油效果的技术思路,在聚南八放水站开展了沉降罐加气浮的工业化试验。试验表明:沉降罐加气浮工艺可以显著提高沉降罐的分离效率,除油效率由47.2%增加到89%,提高了41.8个百分点,出水含油量下降了74%。沉降罐加气浮后,还可降低水中硫酸盐还原菌和硫化物的含量,有利于改善处理水质。

**关键词** 沉降 气浮 含聚合物污水 除油效率 回流比

## 1 引言

在大庆油田,无论是脱水站还是污水站,普遍采用以沉降罐为主的污水除油工艺,利用油水密度差,实现油水分离。在水驱开发阶段,该工艺能够适应污水处理需求。近年来,随着聚合物驱规模不断扩大,油田采出水中已普遍见到聚合物,水质特性发生改变,污水黏度增大,油珠粒径变小,浮升速度变慢,单独依靠重力沉降,除油效率降低,脱水站(放水站)外输污水含油量升高,增加了下游污水站的处理负荷,出现滤料污染、老化油增多等一系列问题,影响油水系统稳定运行,造成处理水质变差。

近年来,气浮技术在大庆油田得到成功应用,其工作原理是在水中通入气体产生大量微气泡,使其附着在油滴或疏水性悬浮颗粒上,在浮力作用下以较快速度浮升到水面,从而使污水得到净化。如果在沉降罐内增加气浮工艺,在发挥沉降罐容积大,沉降时间长的优势基础上,利用气浮原理加快油滴的浮升速度,从而提高沉降罐的除油效率,那么这应为一条投资省、见效快的捷径。为此,自2006年起,大庆油田有限责任公司第二采油厂就开始了沉降罐加气浮的前期室内研究与现场小试,2008年在聚南八放水站对1座7000m<sup>3</sup>污水沉降罐进行了加气浮改造,评价工业化应用效果,优化工艺运行参数。

## 2 试验工艺

聚南八放水站位于南二区东部,建有1座7000m<sup>3</sup>污水沉降罐。污水沉降罐加气浮工艺流程如图1所示,外输污水设计规模3.4×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/d。

该试验工艺采用部分回流溶气气浮,即将沉降罐出水的一部分溶入气体后再回流的气浮方法。溶气设备采用溶气泵,该泵可在泵吸入口利用负压直接吸入空气,利用高速旋转的叶片剪切成微气浮,加压后形成溶气水。回流的溶气水可分别通过安装在来水管线上的管式反应器和安装在罐内的穿孔管(溶气释放装置)加入到原水中。该工艺的特点是:采用溶

气泵技术,省去了常规工艺中的溶气罐以及空压机(或射流器),溶气压力可达0.6MPa,溶气量大,加强了气浮挟污能力,通过管式反应器,使混合、反应均通过管道快速完成,同时部分溶气水直接加入到沉降罐中,微气泡参与反应凝聚,从而产生“共聚作用”,使气浮体快速形成且稳定。

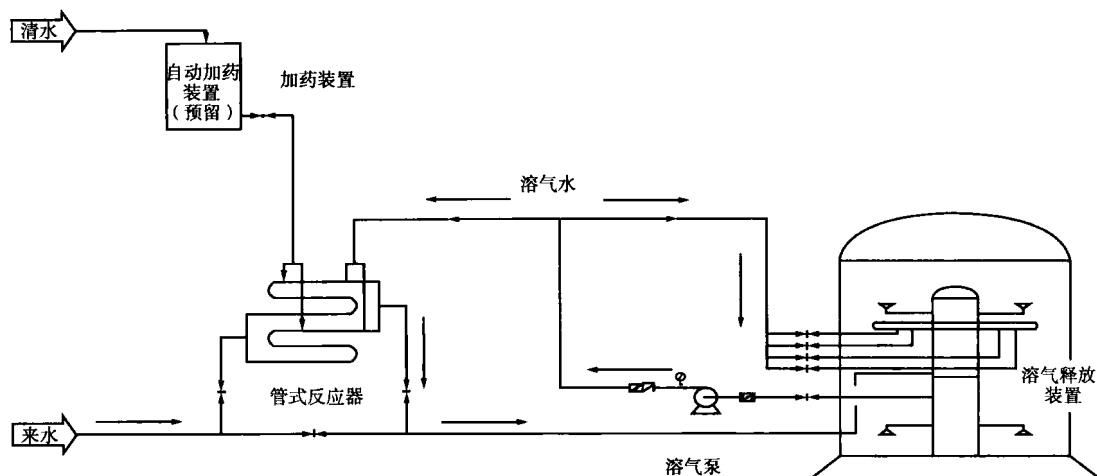


图1 沉降罐加气浮工艺流程示意图

### 3 试验结果及分析

试验自2008年11月底开始,分两个阶段进行:一是运行参数优化阶段,二是稳定运行阶段。试验期间,未投加化学药剂。

#### 3.1 运行参数优化阶段

在试验初期,首先对工艺参数进行了优化。包括:溶气水加入点,回流比、溶气压力(表1)。污水处理规模 $1.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 左右。

表1 运行参数优化阶段数据统计表

序号	溶气水加入点		回流比 (%)	溶气压力 (MPa)	油 (mg/L)			悬浮物 (mg/L)		
	穿孔管	反应器			来水中含量	出水中含量	去除率 (%)	来水中含量	出水中含量	去除率 (%)
1	空白试验				727	218	68.7	69	39	43.7
2	运行	运行	21	0.5~0.6	1088	66	94.1	93	43	53.8
3	—	运行	21	0.5~0.6	973	213	78.2	76	41	46.0
4	运行	—	21	0.5~0.6	814	233	70.4	106	64	40.7
5	运行	运行	21	0.3	873	160	81.7	101	62	38.6
6	运行	运行	18	0.5~0.6	904	128	85.8	68	43	37.2
7	运行	运行	14	0.5~0.6	728	118	83.8	67	47	29.4
8	运行	运行	25	0.5~0.6	923	70	92.4	88	48	45.5
9	运行	运行	21	0.5~0.6	760	73	94.0	106	40	62.0

试验表明:(1) 在回流比为 21%、溶气压力为 0.5~0.6MPa 的条件下,在穿孔管与管式反应器两点同时加入溶气水时的除油效率,比任何一点单独加入溶气水时的除油效率都要高;(2) 在两点同时加气、溶气压力为 0.5~0.6MPa 的条件下,当回流比超过 20%,除油效率有较为明显的升高;(3) 当其他运行参数相同时,采用较高的溶气压力(0.5~0.6MPa),除油效果较好。

因此,穿孔管与管式反应器两点同时加入溶气水、回流比在 20% 以上、溶气压力 0.5~0.6MPa,应为比较合理的运行参数。

### 3.2 稳定运行阶段

在稳定运行阶段,处理水量为  $3.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,达到设计负荷。在此期间,采用穿孔管与管式反应器两点加气方式、溶气压力保持在 0.5~0.6MPa,试验了 4 种不同回流比(16%、18%、20%和 22%)条件下沉降罐加气浮后运行效果,并与空白试验进行了对比。试验数据见表 2。

表 2 稳定运行阶段主要参数统计表

序号	穿孔管	反应器	回流比 (%)	溶气压力 (MPa)	含油 (mg/L)			悬浮物 (mg/L)		
					来水中含量	出水中含量	去除率 (%)	来水中含量	出水中含量	去除率 (%)
1	空白试验				531	281	47.2	85	64	24.4
2	运行	运行	16	0.5~0.6	622	195	68.7	55	35	36.4
3	运行	运行	18	0.5~0.6	792	154	80.6	112	48	57.1
4	运行	运行	20	0.5~0.6	579	92	84.1	94	47	49.6
5	运行	运行	22	0.5~0.6	637	73	89.0	56	28	50.0

空白试验中,原水平均含油为 531mg/L,沉降罐出水平均含油为 281mg/L,平均除油率 47.2%。来水平均悬浮物含量为 85mg/L,沉降罐出水平均悬浮物含量为 64mg/L,平均去除率 24.4%。

在运行气浮设备后,随着回流比的逐渐升高,除油效率也随之升高,出水含油量降低。当回流比达到 20% 时,除油效率达到 84.1%,出水含油量降到 100 mg/L 以下,回流比为 22% 时,除油效率达到 89.0%,出水平均含油量为 73mg/L。因此,在工业化运行中,推荐采用穿孔管和管式反应器同时加入溶气水,溶气压力为 0.5~0.6MPa,回流比 20%~22%。此时,沉降罐出水含油量基本可控制在 100mg/L 以下。

与空白试验对比,沉降罐加气浮后,除油效率由 47.2% 增加到 89%,提高了 41.8 个百分点,出水含油量下降 74%,效果十分显著;在不加任何药剂的情况下,悬浮物去除率提高也比较明显,由 24% 提高到 50% 左右,提高了 26 个百分点左右,出水悬浮物含量下降 56%

沉降罐投运气浮后,由于水中含氧量增加,对硫酸盐还原菌具有一定抑制作用,沉降罐出水硫酸盐还原菌含量有明显下降,同时,沉降罐出水中含聚合物浓度、硫化物含量也有一定下降(表 3),对于改善污水水质具有促进作用。



表 3 稳定运行阶段其他参数统计表

序号	类别	空白阶段		投运气浮		
		来水	出水	来水	出水	去除率
1	硫酸盐还原菌(个/mL)	450.0	950.0	400.0	90.0	77.5%
2	含聚浓度(mg/L)	88.1	86.9	82.0	72.1	12.1%
3	硫化物(mg/L)	23.3	23.6	27.8	27.3	1.8%

#### 4 结论

(1) 沉降罐加气浮工艺可以显著提高沉降罐的分离效率。改造前后对比,除油效率由 47.2% 增加到 89%,提高了 41.8 个百分点,出水含油量下降 74%,达到 100mg/L 以下,效果十分显著;而且,在不加任何药剂的情况下,悬浮物去除率的提高也比较明显,由 24.4% 提高到 50.0% 左右,提高了 25.6 个百分点,出水悬浮物含量下降 56%。

(2) 穿孔管与管式反应器两点加气,溶气压力 0.5 ~ 0.6MPa,回流比 20% ~ 22%,应为比较合理的运行参数。

(3) 沉降罐加气浮工艺有助于降低沉降罐出水中硫酸盐还原菌、硫化物和聚合物的含量,对于改善污水水质具有促进作用。

(4) 沉降罐加气浮工艺投资、运行成本均较低,具有较好的经济效益,并且设备操作简单,运行安全稳定,易于维护,是一种经济可行的处理工艺。

**作者简介** 苗宝林,男,高级工程师。现在大庆油田有限责任公司第二采油厂规划设计研究所从事油田供水及水处理工作。