

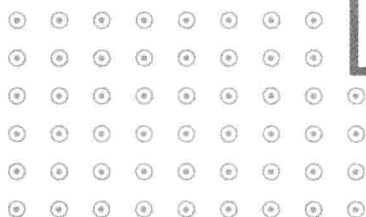


油田矿场 分离技术与设备

● 主编 张 建

中国石油大学出版社

油田矿场 分离技术与设备



主编 张 建

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

油田矿场分离技术与设备 / 张建主编. —东营:
中国石油大学出版社, 2010. 12
ISBN 978-7-5636-3329-6

I. ①油… II. ①张… III. ①油气分离 IV.
①TE86

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 252558 号

书 名: 油田矿场分离技术与设备
作 者: 张 建

责任编辑: 秦晓霞(电话 0532—86981531)

封面设计: 赵志勇

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 青岛星球印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981532, 0546—8392563)

开 本: 185×260 印张: 27.00 字数: 649 千字

版 次: 2011 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 68.00 元

编 委 会

主 编:张 建

编委会:李玉星 刘中良 何利民 李清方

张新军 郭长会 王利君

序 言

Preface

我国油气田开发已经历了 50 多年,针对不同的油田开发模式,并适应油田地下提高采收率的要求,油气田矿场地面技术有了显著的进步,取得了重大的突破,为油气生产做出了巨大的贡献。该书总结了胜利油田胜利工程设计咨询公司近年来在油田矿场分离设备方面取得的成果,可以为科技人员和生产管理人员提供参考。

本书主要包括油气物性及物料分离理论、矿场油气计量技术与设备、矿场原油分离设备、矿场原油脱水设备、矿场原油伴生气处理设备、矿场原油高效加热设备、油气混输管路终端段塞流捕集器、含油泥砂净化处理设备等内容。

书中的原油和天然气物性部分参考了冯叔初教授的《油气集输与矿场加工》(第二版)。第 1,5 章由张建编写,第 2,3,8 章由李玉星、张新军编写,第 4 章由何利民、郭长会编写,第 6 章由刘中良、张新军编写,第 7 章由李清方编写,第 9 章由王利君编写,全书由张建教授级高工负责统稿工作。

本书的编写得到了许多领导的关心,得到了中国石油大学、北京工业大学、北京化工大学的大力支持,还得到了胜利油田胜利勘察设计研究院有限公司多名人员的支持,提供了宝贵的技术资料,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,恳请读者斧正。

张建 于东营

2011.6

目 录

Contents

第 1 章 绪 论	1
1.1 概 述	1
1.2 矿场油气处理设备的现状和发展趋势	2
1.2.1 静电聚结脱水	3
1.2.2 紧凑型多相内联水分离(IWS)系统	4
1.2.3 TORR 污油治理回收技术	5
1.2.4 倾斜管底部开孔分散除水	5
1.2.5 紧凑诱导气浮选技术	6
1.2.6 深水区海底分离技术	7
第 2 章 油气物性及物料分离基本理论	11
2.1 油气性质	11
2.1.1 原油	11
2.1.2 天然气	23
2.2 油气水分离基本理论	38
2.2.1 从气体中分出油滴	38
2.2.2 从液相内分出气泡	42
2.2.3 油水乳状液理论	44
2.2.4 乳状液的稳定性	48
2.2.5 乳状液的其他物性	49
2.3 蒸馏的基本理论	52
2.3.1 闪蒸	52
2.3.2 简单蒸馏	53
2.3.3 精馏	54
2.4 水力旋流分离理论	58
2.4.1 切向速度分布	58
2.4.2 轴向速度分布	58
2.4.3 径向速度分布	59

2.4.4	颗粒的沉降速度	59
2.4.5	液-液水力旋流器内液滴的运动	60
第3章	矿场油气计量技术与设备	64
3.1	国内外矿场油气现状及先进计量技术	64
3.1.1	常用单井计量技术	64
3.1.2	港西模式	71
3.1.3	国外计量现状	73
3.1.4	多相流计量的基本原理	76
3.1.5	多相流量的测量方法	77
3.1.6	多相流量计的分类	81
3.1.7	多相流量计的性能评价	87
3.1.8	对多相流计量的认识	95
3.2	油井两相分离变压控制仪表计量技术	96
3.3	基于明渠流原理的三相在线不分离计量系统	97
3.3.1	计量样机原理图	97
3.3.2	样机结构设计	98
3.3.3	计测模型建立与智能化软件系统	100
3.3.4	计量结果误差分析	112
3.3.5	现场实验结果分析	113
3.4	多相流计量技术面临的挑战及未来发展趋势	117
3.4.1	面临的挑战	117
3.4.2	未来趋势	118
第4章	矿场原油分离设备	119
4.1	概述	119
4.2	油气分离设备的主要类型	119
4.2.1	常用的两相油气分离方式和压力选择	119
4.2.2	油气两相分离器的分类	121
4.2.3	油气分离器的工作原理	123
4.2.4	油气分离器的结构	124
4.2.5	油气分离器应满足的要求	126
4.2.6	几种典型的其它结构油气分离器	126
4.3	游离水脱除设备	129
4.4	油、气、水三相分离器	129
4.4.1	三相分离器的结构	130
4.4.2	三相分离器的油水界面控制	131

4.4.3 影响设备效率的因素	133
4.4.4 油气水三相分离器流场数值模拟	136
4.4.5 油气水三相分离器分离性能测试	147
4.4.6 提高效率的改进措施	155
4.4.7 三相分离器的系列化设计	158
4.4.8 三相分离器的技术指标	162
4.5 热化学脱水器	162
4.5.1 卧式压力沉降罐的结构形式	163
4.5.2 卧式压力沉降罐的沉降速度计算	165
4.5.3 设计参数	165
4.5.4 卧式沉降罐和选用规格	165
4.6 液-液旋流分离器	166
4.6.1 旋流管单相流场模拟	167
4.6.2 液-液旋流管两相紊流数值模拟	183
4.7 气液旋流分离器	194
4.7.1 机理模型研究	194
4.7.2 数值模拟研究	202
4.7.3 分离器工艺设计方法	213
4.7.4 实验模型设计与实验结果分析	214
4.8 碟片离心机	218
4.9 发展趋势	219
第5章 矿场原油脱水设备	220
5.1 高频脉冲电场作用下油水乳状液分离	221
5.1.1 电场破乳分散相液滴行为	221
5.1.2 高频脉冲电场作用下液滴动力学研究	227
5.1.3 高频脉冲电场作用下油水乳状液破乳机理的图像学研究	243
5.1.4 高频脉冲电脱水现场工业试验	253
5.2 采出液电磁聚结预处理技术	257
5.2.1 采出液电磁聚结规律研究	257
5.2.2 采出液电磁聚结机理	261
5.2.3 电磁聚结装置的研制	262
5.2.4 现场试验	264
5.3 移动式矿场老化原油净化处理装置	265
5.3.1 老化原油的特性分析及处理工艺研究	267
5.3.2 老化原油处理装置的研制	272

第6章 矿场原油伴生气处理设备	277
6.1 概 述	277
6.1.1 天然气脱水技术	277
6.1.2 天然气脱硫	277
6.2 涡流气体净化分离装置	278
6.2.1 工作原理与设计方法	281
6.2.2 分离装置的理论模型及其分析计算	286
6.2.3 涡流气体净化分离装置研制	299
6.3 超重力脱硫技术	300
6.3.1 天然气脱硫工艺现状	300
6.3.2 脱硫工艺的选择依据	302
6.3.3 单井脱硫工艺流程	303
6.3.4 超重力脱硫技术	305
6.3.5 含硫天然气超重力脱硫技术现场应用	313
第7章 矿场原油高效加热设备	317
7.1 概 述	317
7.1.1 水套炉的基本结构形式	317
7.1.2 国内外新型水套炉的主要技术特点	318
7.1.3 水套炉结构性能优化设计的必要性	319
7.2 内肋翅片管制造工艺和强化传热方式优选	320
7.2.1 内肋翅片管的结构形式	320
7.2.2 翅片管的加工工艺	322
7.2.3 内肋翅片管传热及阻力特性对比分析	324
7.2.4 管内强化换热方式的综合比较	328
7.3 新型高效水套炉性能结构的优化设计	328
7.3.1 加热系统结构的优化	329
7.3.2 换热盘管结构的改进	334
7.3.3 热媒介质的优选	334
7.3.4 新型高效水套炉性能结构的优化配置	335
7.4 高效水套炉的工艺设计	336
7.4.1 三维内肋管内流态的划分及热力阻力试验研究	336
7.4.2 加热炉热力阻力计算	341
7.5 水套炉运行效率的影响因素分析	341
7.6 专用燃烧器的应用开发	343
7.6.1 空气过剩系数的控制	344

7.6.2 加热系统的阻力特性	344
7.6.3 燃烧器的控制系统	345
7.7 高效水套炉的控制系统	346
7.7.1 水套炉温度控制方案	346
7.7.2 水套炉的控制系统	347
第8章 油气混输管路终端段塞流捕集器	349
8.1 概 述	349
8.2 段塞流形成机理及特征参数计算	349
8.2.1 概述	349
8.2.2 段塞流形成的机理	350
8.2.3 常见的段塞流特征参数的计算模型	354
8.2.4 液塞捕集器入口段塞流工况	356
8.2.5 小结	366
8.3 段塞流捕集器研制	366
8.3.1 设计原则	366
8.3.2 段塞流捕集器内部结构优化	367
8.3.3 容器式捕集器尺寸设计及优化	368
8.3.4 管式液塞捕集器工艺计算	380
第9章 含油泥砂净化处理设备	384
9.1 概 述	384
9.1.1 国内外处理现状	385
9.1.2 发展趋势	391
9.2 成套设备研制	391
9.2.1 分离清洗设备磨损研究	391
9.2.2 脱水设备研究	394
9.3 处理装置构型设计研究	395
9.3.1 含油砂提升设备	395
9.3.2 含油砂清洗设备	396
9.3.3 含油砂脱水设备	399
9.3.4 输送设备	400
9.3.5 设备撬装化	400
9.4 现场应用试验	401
9.4.1 试验站况	401
9.4.2 含油砂处理装置试验	402
参考文献	409
本书涉及专利	414

第1章 绪论

1.1 概述

矿场油气处理就是将收集的油田油井所生产的油、气、水混合产物进行处理,使经矿场处理设备处理后的原油、天然气能够满足国家或企业要求的出矿标准和原油天然气买方对商品质量的要求,使含油污水达到污水处理工艺的接受要求,使向环境直接排放和与环境发生关系的含油污水和天然气的处理质量达到当地政府对环境保护的标准。

在油气处理工艺流程中,矿场油气处理设备起着非常重要的作用,每台油气处理设备都是一个独立运行单元,可单独完成各自的工作任务,而当把这些设备用管道按照不同的目的和要求有机地连接起来时,就形成了一个完整的油气处理工艺流程,可以满足不同处理对象的目标要求。流程中的油气处理设备将在工艺流程中流动的油气水混合采出液分成三种组分,即油、气、水三相。主要包括以下工艺处理过程:

(1) 油井采出液的集输与油气计量过程。油井采出液中的油气水混合物经计量后通过集输管网汇集到联合站进行油气水的分离。

(2) 油气水分离工艺过程。将集输管网汇集的油井采出液进行油水预分离或油气水三相分离,以达到后续工艺的处理要求。

(3) 原油脱水工艺过程。对脱出游离水后的乳化原油进一步进行热化学沉降脱水和电脱水,使原油含水能够达到相关出矿原油标准或买方对原油含水的要求。

(4) 原油稳定工艺过程。为了降低原油在存储条件下的蒸发损耗,将矿场原油在大气条件下可能被蒸发的组分从原油中分离出来。

(5) 天然气(伴生气)处理过程。主要涉及脱水、脱硫、脱碳,以及脱硫所得到的尾气处理和硫磺回收过程。

为了实现上述工艺过程,还需使用其他的辅助设备,用于提高油井采出液处理温度的加热升温设备,如各种形式的加热炉,为克服输送过程中采出液的沿程压力损失而使用的各种压力提升设备,如各种形式的泵和压缩机。

矿场原油处理主要包括以下设备:

(1) 油气分离器:油气分离器、三相分离器。

(2) 游离水脱出设备:游离水脱除器、沉降罐、旋流离心预脱水器。

(3) 原油脱水设备:原油静电脱水器、高频脉冲电脱水器、高温闪蒸稠油脱水器。

(4) 原油加热设备:水套加热炉、超导加热炉、相变加热炉,加热型多功能处理器,新型

换热器。

(5) 混相输送设备:多相混输泵、段塞流捕集器。

(6) 油井计量设备:体积式计量设备、称重式计量设备、油气水三相不分离计量设备。

(7) 压力提升设备:泵和压缩机。

(8) 原油稳定与天然气处理设备:天然气脱水装置、天然气脱硫装置、硫磺回收装置、天然气脱碳装置、大罐挥发气回收装置。

(9) 油气处理过程中各类污染物的处理设备:油砂清洗装置、作业废液处理装置。

1.2 矿场油气处理设备的现状和发展趋势

对地面工程技术的需求是由油田开发形势以及油田生产存在的问题而决定的,其目的是在满足生产需要的前提下,尽可能地降低工程投资和运行费用。开发形势总体上是稳定东部,加快西部。东部油区的生产特点是处于油田开发后期,含水率高以及滩海、低渗、三采、稠油的开发,存在采出液量大、原油乳化严重、三次采出液处理困难、回注污水达标率低、低渗透油田水质达标困难、生产运行成本高等一系列问题。加快发展西部近期主要是指南北疆的油气田、鄂尔多斯天然气田和海上油田的开发,特殊的地理环境为地面工程提出了一些新的研究课题。归结起来主要有以下几个方面:

(1) 高含水期老油田在节能降耗方面,虽然取得了显著进步,但由于油井产量降低、油井井数增多、处理液量增多、注水量增大等,能耗及操作成本呈上升趋势。进一步节能降耗需要对常温油气集输工艺、低温原油脱水、油气分离、脱水效率提高等技术进行研究与完善;另外东部老油田三次采油的比例加大,增加了产出液处理的难度和成本,需要研究经济、高效的处理技术。

(2) 对低渗、稠油、滩海、沙漠、戈壁等特殊油田及边际油田的投入开发,要求地面工程不断完善并形成相应的具有特色的、低投入、低能耗、低成本的地面配套工程技术。如油气水混相输送、含蜡原油的加剂常温输送、塔河油田高粘原油的输送及处理、油气管道的可靠性风险分析评价等。

(3) 天然气发展迅速,鄂尔多斯、塔里木盆地、四川盆地是近几年天然气开发的重点区域。天然气集气及储运方面的技术需要进一步发展,包括部分低产气田、含硫气田的集输与处理,输气管道、储气库、LNG 终端接收站等天然气储运工程的建设。这些工程的建设对天然气地面工程技术提出了新的要求,需要完善酸性天然气净化处理及腐蚀控制、气田集气工艺优化以及天然气储存、输送及运输方面的新技术。

(4) 油气田开发对污水处理技术的需求。油田生产中采出的含油污水需要处理到注水水质标准后才能回注到油层中,以保持油层压力,实现原油稳产、增产。特别是在东部老油田的高含水开发后期,不仅污水产出量更多,需要注水来保持地层能量,而且中低渗透油层的开发要求污水处理的水质标准更高。在油田生产中采取的一些增产的技术措施,如注聚合物等,会使污水性质发生变化,给污水处理增加了难度,进而影响到注水水质的好坏和油田开发效果。因此根据油田开发历程的变化,必须对污水处理技术不断进行技术攻关和完善,来满足油气田开发的需要。采用的技术主要是提高污水

水质达标率的新技术,提高污水处理设施的新工艺、新技术,提高注水系统效率的新技术,达标外排及污泥处理技术等油田清洁生产技术以及油田地面生产设备腐蚀与控制技术等。

自 20 世纪 90 年代以来,我国东部大部分油田都进入了中、高含水开采期,采出液含水率(水的体积分数)高达 80%~90%以上,因此在油气生产处理工艺中,采出水已成为一个广为关注的问题。首先,采出水量越来越多;其次,各个油田的采出水的组成各不相同。这样水处理就成为了关系经济发展的重要问题,在油气集输工艺过程中必然需要油水的预分离和含油污水的净化。现在国外油田正在研究的采出液分离设备主要有以下几种。

1.2.1 静电聚结脱水

在目前应用的上游脱水和下游脱盐操作中,静电聚结是最有效的油包水(W/O)型乳状液破乳技术。通过在装置结构、电场及预处理阶段等方面的不断改进,现有的原油脱水/脱盐设备的处理能力和性能都取得了重大的进步。

从 20 世纪 90 年代起,人们已经开发了几种类型的紧凑型预聚结器,并进行了实验测试,其中电脉冲诱导聚结器(EPIC)、紧凑型静电聚结器(CEC)、内联静电聚结器(IEC)、分离器内置静电聚结器(VIEC)及低含水率聚结器(LOWACC)相对来说比较知名。然而,目前石油工业还没有一例关于 EPIC 应用的报道,这也说明了室内基础研究同工业应用之间还存在巨大的差距。

表 1-1 总结比较了 CEC,IEC,VIEC 及 LOWACC 几种静电处理器。

表 1-1 几种紧凑型静电处理器的比较

类型	电场	结构	评价	
CEC	交流电场 紊流条件	根据流量要求,由 2 个或多个同轴的套在一起的电极组成。每个电极表面覆盖绝缘材料	必须充满液体,且气体含量要小	内联聚结器安装在重力分离器之前。压降、弯曲狭窄的通道可能会使水滴再次破碎
IEC		在聚合物管子的外围加 2 个电极形成聚结器元件。当流量较大时,可以再加几个相同的元件	可以适应任何含水率(体积分数)(至 100%)和任何含气率(体积分数)(至 100%)	
VIEC		由聚结元件堆积排列组成,安装在分离器的首段位置。孔面积大约占 20%~24%。最新的聚结元件由扁平的、宽的通道堆积组成		放置在分离器内部。由于在水滴聚结之后立即进行分离,因此减少了水滴再次破碎的几率
LOWACC		利用介电泳聚结作用,由波纹板式电极组成。可以安装在重力沉降分离器中,也可以安装在 VIEC 之后		

1.2.2 紧凑型多相内联水分离(IWS) 系统

现在已经研制出一个完整的紧凑型多相内联水分离(IWS)系统,能从采出液中分离出大部分的水,其余采出流体(气体、原油和剩余的水)被送往现有的加工设施,使分离后的水质符合注水或直接处理的要求。该系统可安装在采油管汇的井口或下游,以控制陆地、海上平台或海底的多相井。这一系统的好处在于,增加了油田水的处理能力,减少了下游分离设施的体积和成本,并能恢复废弃的低压井的生产。

1.2.2.1 基本原理

将气-液分离器(GLCC)、液-液管分离器(LLPS)、液-液旋流器(LLCC)和一个两级液-液水力旋流器(LLHC)整合成一个紧凑型多相分离系统,以从采出流中除去大量采出水。

1.2.2.2 基本构造

从图 1-1 中可以看出,高含水的油-水-气井流先进入一个气-液分离器(GLCC),进行气液分离。然后,液相(原油和水)与少量夹带的气泡从 GLCC 出口流入液-液管分离器(LLPS),它安装时的向下倾角为 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$,以促进油和水分层与油滴聚结。从 GLCC 出口出来的气泡被 LLPS 顶部的气体聚集器收集,并被排放回气流。当水集中流从 LLPS 底部流出时,油集中流从顶部排出。水集中流流入液-液旋流器(LLCC),除去大部分的水,此时油质量分数低于 1%。接着,含少量油的水流入预除油液-液水力旋流器(LLHC-1),以除去水中大部分的残余油。第二级除油液-液水力旋流器(LLHC-2)用来进一步除水,以满足排放规定或回注指标(含油质量浓度 $< 40 \text{ mg/L}$)。气相从 GLCC 的顶部流入气体洗涤器(GS),液体被排回 LLPS,气体可以送到下游处理设施或在 LLPS, LLCC, LLHC-1 与 LLHC-2 的顶部与气集中流合并。根据 LLHC 的压力要求,泵-1 可选可不选,泵-2 是必需的,用来将 LLHC-1 与 LLHC-2 的低压流注入高压流。泵-3 是一个水力循环泵,用来循环小部分清水重新回到 LLHC-1 与 LLHC-2 以补偿入口含水率的变化,并维持 LLHC-1 与 LLHC-2 高效率运行。

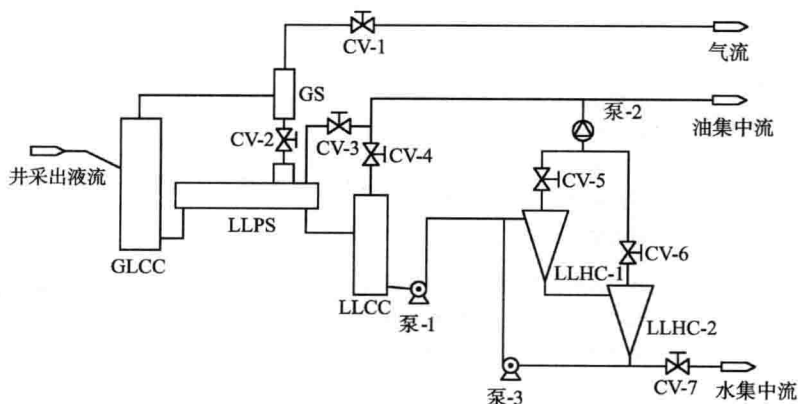


图 1-1 IWS 系统的示意图

1.2.3 TORR 污油治理回收技术

加拿大某公司一项革新技术为 TORR 技术,它结合了很多油水分离和回收的原则。使用该技术可以使油的质量浓度从 $100\sim 300\text{ mg/L}$,降低到 20 mg/L 。

1.2.3.1 基本原理

该技术采用一个多阶段的吸附、分离系统,能够多相分离采出水中的大、小油滴(自由浮动的和分散的)。它通过一个聚结介质 RPA[®](媒介)实现,这种材料是一种热固树脂聚合而成的高分子材料。该技术综合了吸附、聚结和重力分离的原理,能够使产出水的含油率降低到一个很低的质量浓度。

1.2.3.2 基本构造

该技术的工艺流程图如图 1-2 所示。含油污水沿路线进入入口,首先经过包含连续聚结元件的多级容器和一个回收室。聚结元件里的介质能够连续地吸附原油乳液,聚结,并释放,使他们结合成较大的油滴。在回收室,由介质释放出的油滴浮到顶部。最后在容器的顶部发生油、天然气和水的最后分离。该技术处理的排出水已达到客户的要求。

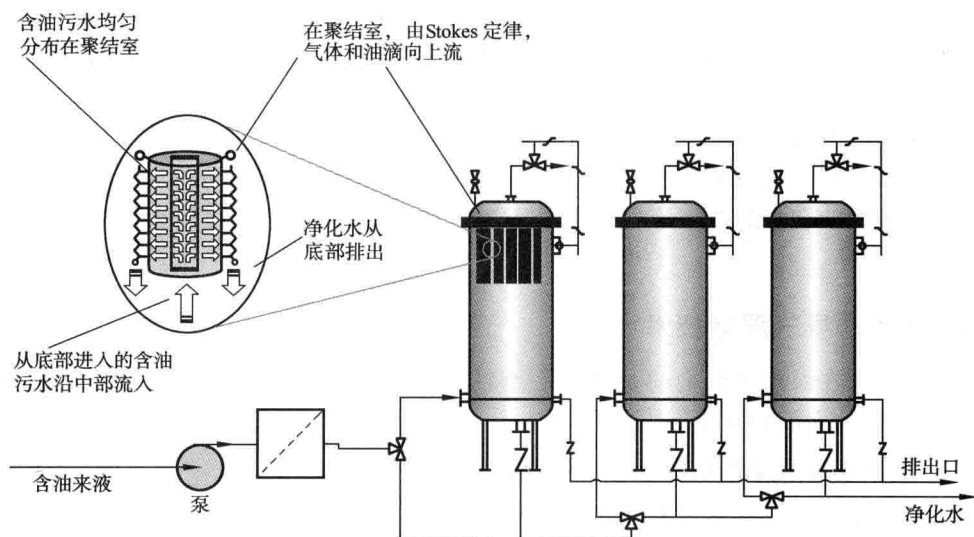


图 1-2 TORR 技术的工艺流程图

1.2.4 倾斜管底部开孔分散除水

分散除水是通过在管段的底部设置一系列均匀分布的开孔来实现的,并且该处有控制出液流量的装置。实验和分析验证了这种分散除水的方法在大部分的流动情况下(即使在高搅动和相分散的情况下)都有良好的分离效果。

对井流进行管内水分离减少了流动井的背压,增加了集液系统的流量,减少了地面分离器的水分离负担,且表现出了水力特性的增益和相分离的优点,推动了几种新的在线分离方法和分离器设计的发展。这一方法简单有效且没有内部结构,系统稳固,并且对安装倾角的敏感性不高。该方法最初只是构思为井下应用,但在沿海地区进行海底分离时表现出了广

阔的前景。

1.2.4.1 基本原理

这种底部开孔的分离器类似于气举的倒置,只要有自由气体存在就能实现分离。它主要是基于倾斜管段(带有分散开孔)的重力分离原理,以及倾斜管的作用。研究表明即使在像高速井流这样的流动条件下,高速湍流和相分散等也不能完全地冲蚀和分散管子底部的连续水层。这一水层根据流动状况的不同不断地上下流动,当管子开孔合理时就能实现合理的水分离。

1.2.4.2 基本构造

图 1-3 说明了其分离和分流的原理。该分离方法用到了一个倾斜的分离管道,重力作用与上升流的倾斜作用相结合,使得水或水延伸相分布在管子的底部。根据流动条件的不同,这一层可以相对较厚地向上流动,或者只是一层薄膜向下滑动,但在大部分的流动条件下,水层是连续的。这样,均匀分布于分离管路底部的开孔点使水从管子的较高压力端流向较低压力端的排出口。通过恰当地调节水头分布,就能够将水有效地从管路中分流出来。当安装在井下后,这个管道的作用像一个分离器,可以将管道中的井流分离为两股流:水或水的延伸相、油或油气混合物。这两股分离流分别从两个不同的通道流向表面,例如:油管 and 套管。管路中的油流集中流向高压的入口分离器,水流直接流向低压的除油和水的处理装置。由于水流大量地直接流向低压系统,可以减少底孔的背压,提高生产率。

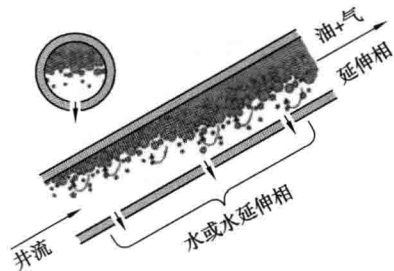


图 1-3 分离方案

1.2.5 紧凑诱导气浮选技术

诱导气浮选在深水平台上的实现是一个挑战,在平台上进行诱导气浮选,要求设计紧凑,以减少系统的空间和重量。

1.2.5.1 紧凑诱导气浮选技术(IGF)的理论研究

气浮选就是空气以微小气泡形式注入水中,使微小气泡与在水中悬浮的油粒粘附,因其密度小于水而上浮,形成浮渣层从水中分离。

气浮选共有如下三种机理。三种机理是单独使用还是混合使用,取决于污水的性质和气泡与污水的亲水性。

(1) 气泡外层有一层油。在油和气泡的接触角很小时使用,亲和性很好。

(2) 油滴和含油的污染物粘到气泡上,并随着升到表面。在适当的接触角时使用,并当污染物和气泡的大小差不多时效率最高。

(3) 油滴和含油的污染物被气泡拖着升到表面。这是最弱的接触机制,且不需要低的接触角。

一些人认为第三种机理虽说是最弱的,但是它在油田中是最常用的。

一般通过使气泡和污染物之间的接触面积最大化来增大气浮选的效率。措施如下:

- (1) 通过浮选槽的污水进行均匀分布。
- (2) 通过浮选槽的气泡进行均匀分布。
- (3) 使气泡尺寸最小化。
- (4) 使污染物的尺寸最大化。
- (5) 使污染物和上升气泡的接触趋势最大化。

1.2.5.2 装置结构

在浮选槽中,为确保水能很好地分布,入口和转向流动的挡板设计至关重要。图 1-4 是一个水平浮选槽的例子,利用上下挡板制造转向流动,但结果不是很成功。人们通过计算流体动力学(CFD)分析,认为一个好的挡板能够产生高速流动的通道。

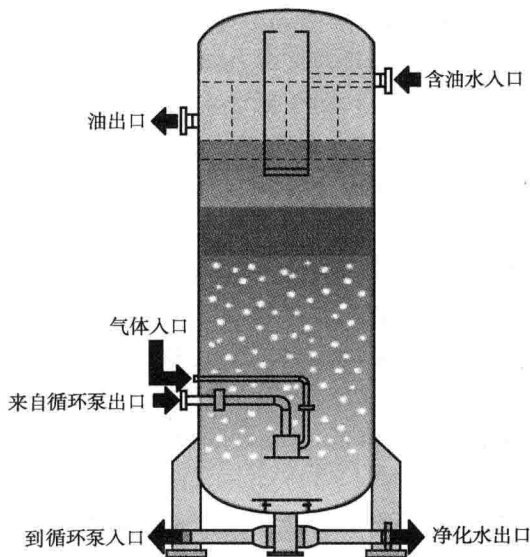


图 1-4 紧凑单一浮选槽装置的示意图(包括主要的设计特点)

污水旋转进入浮选槽,平铺到整个装置的断面上。浮选的第一阶段利用在分离器到诱导气浮选的过程中压力降低来释放气体。部分干净的水向下流到比较低的浮选室,气泡是通过喷射器进入的。整个停留时间从旋转入口的末端到喷射器大概需要 4 min。一块挡板放在水出口的末端,使水从尽可能宽的区域流到水出口。在一些例子中,其他的一些方法也用来保证出流分布。

浮选单元还装备了商业的文丘里管注射器。首先,聚合物被注入一股小的液流里面,通过循环泵,使之充分混合和冲淡,然后再和进来的污水混合。由于预先混合,聚合物迅速地和油滴、含油固体絮凝,或沉淀或上浮。

1.2.6 深水区海底分离技术

现在,海上油田逐步向深海及超深海发展,已达到水面以下 2 700 m 甚至更深。在深海区,海底油水分离特别具有挑战性,但却是防止水合物生成的方法之一。

如果分离的效果符合要求,并且油中含有的残留水可以降到很低,例如含水率 5% 左右,