

撬装式含油污水处理装置的研制

肖文珍¹ 徐 姣^{2*} 徐太宗³ 安发全⁴

(1. 河南油田南阳精蜡厂, 南阳 473132; 2. 天津大学化学工程研究所, 天津 300072;
3. 河南油田采油二厂工程技术研究所, 南阳 473400; 4. 河南油田设计院, 南阳 473132)

摘 要 介绍了撬装式含油污水处理装置的研制过程。通过对液-液水力旋流技术、聚结斜板沉降技术、多滤料过滤技术等方面的研究, 研制出一套撬装式含油污水处理装置, 该装置具有结构紧凑、处理效果好、占地面积小、便于操作、便于运输的特点, 适于小区块或边缘油田含油污水的处理。经现场实验, 当停留时间仅为 5 s 时, 即可获得较高的除油效率, 在进口含油小于 150 mg/L 时, 可将出口水中含油控制在 30 mg/L 以下, 在进口悬浮固体含量小于 100 mg/L 时, 可将出口水中悬浮固体含量控制在 20 mg/L 以下, 使出口水质达到了行业标准 SY/T5329-94 中的中渗透率油田的 B1 级的注水标准, 实现了含油污水处理后的就地回注, 大大节省了污水处理成本。

关键词 撬装 含油污水 水力旋流 聚结斜板沉降 多滤料过滤

中图分类号 X703 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2008)06-0788-06

Research of skidded equipment for oily wastewater treatment

Xiao Wenzhen¹ Xu Jiao² Xu Taizong³ An Faquan⁴

(1. Nanyang Fine Wax Plant in Henan Oil Field, Nanyang 473132;
2. Chemical Engineering Research Center of Tianjin University, Tianjin 300072;
3. Engineering Research Center of the Second Oil Extracting Plant in Henan Oil Field, Nanyang 473400;
4. Design Institute of Henan Oil Field, Nanyang 473132)

Abstract Through the research of liquid-liquid hydrocyclone, coalescence inclined plate sedimentation tank, multi-filter media filter, agents-adding system, waste oil recovery system, controlling system and skidded structure, the skidded equipment for oily wastewater treatment was developed. The equipment has the features of compact structure, high treatment efficiency, smaller space used, convenient operation, convenient transportation and suitable for the treatment of oily wastewater in smaller or margined oil field. Through experiment on site, when the residence time of wastewater is just five minutes, the oil removal efficiency is high. When the inlet oil content is less than 150 mg/L, the outlet oil content can be controlled under 30 mg/L, and when the inlet water cut is less than 100 mg/L, the outlet water cut can be controlled under 20 mg/L. The water quality of the outlet of equipment can reach the B1 water injecting standard of SY/T5329-94 for middle penetration oil field, which made the rejection of wastewater on site be realized, and saved a great deal of the cost for treating wastewater.

Key words skidded; oily wastewater; liquid-liquid hydrocyclone; coalescence inclined plate sedimentation tank; multi-filter media filtering

国内油田为增产稳产的需要, 目前大多在主力油田边缘进行滚动开发, 开发周期短, 现采出液多数靠汽车拉至联合站进行脱水处理或就地脱水后污水外排, 前者处理成本高, 后者造成环境污染。而且此类小油田多为注水开发, 需要用清水进行回注, 既浪费了水资源, 又加大了运行成本^[1,2]。

目前, 国内外油田含油污水处理方面的研究正逐步从流程的研究发展到高效污水处理单体设备的研究, 其目的是提高处理效率、降低含油污水处理投资, 同时解决回注水的需求问题^[3,4]。

为此, 开发活动式污水处理装置, 具有重要的现实意义。从近几年国内污水处理设备的开发上看^[5], 液-液水力旋流器的成功运用首先解决了对稀油进行油水分离的设备小型化问题, 降低了后续处理设备的处理负荷; 聚结斜板沉降罐处理含油污水

收稿日期: 2007-08-28; 修订日期: 2008-03-06

作者简介: 肖文珍(1967~), 男, 工程硕士, 高级工程师, 从事炼化工及油田环境污染治理方面的研究。

E-mail: xiaowenzn@126.com

* 通讯联系人, E-mail: xujiao.2838@yahoo.com

缩短了污水沉降时间,降低沉降设备体积;多滤料过滤器显著提高单罐处理水量,为污水处理装置小型化、撬装化创造了条件,所以目前开发研制小型活动式污水处理装置在技术上是可行的。

本论文主要介绍了撬装式含油污水处理装置的研制和该装置处理含油污水的效果。

1 撬装式含油污水处理装置工艺流程的确定

撬装式含油污水处理装置属于小型活动式处理

装置,适用于小型油田或边缘区块开发油田的污水处理,从装置结构上它要求单体处理设备体积小、效率高。根据国内外实践经验,液-液水力旋流器及聚结斜板沉降罐具有体积小且较高的除油除悬浮固体效果,而多滤料过滤罐作为进一步处理能达到更好的处理效果,因此本装置采用三级联合的处理流程:液-液水力旋流油水分离→聚结斜板沉降分离→提升泵→多滤料过滤。装置的流程示意图如图 1 所示。

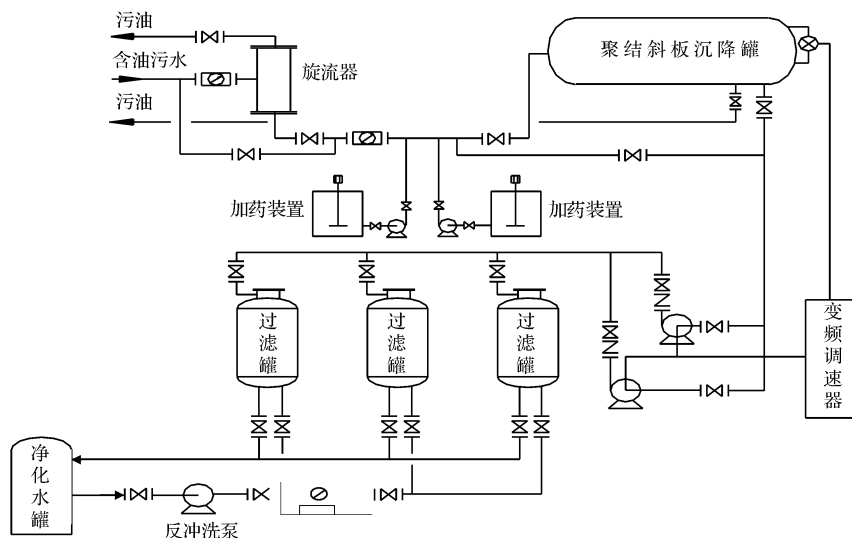


图 1 撬装式含油污水处理装置工艺流程

Fig. 1 Flow chart of skidded equipment for oily wastewater treatment

三相分离器或其他系统来的油田含油污水经过电磁流量计计量后,进入 $\Phi 500$ mm 液-液水力旋流器进行除油,然后进入 $\Phi 1\ 800$ mm 的聚结斜板沉降罐沉降,再由管道泵提升进 3 台 $\Phi 1\ 200$ mm 多滤料过滤罐进行过滤,滤后水去净化污水罐。含油污水经旋流器除油后,要加入 2 种化学药剂,药剂通过 2 台静态混合器进行混合后进入聚结斜板沉降罐。撬块设备的所有排污均通过管线接入联合站污水池。为了使装置在检修过程中能正常运行,装置设置了超越液-液水力旋流油水分离器及聚结斜板沉降罐流程。

当装置中的过滤罐在正常运行一段时间后需反冲洗,将其中的悬浮固体及污油反冲洗出来。反冲洗水源一般来自注水罐或清水罐,经反冲洗泵提升后从过滤罐出口进入,然后从过滤罐反冲洗出口管

线排出至污水池,反冲洗强度为 $45\ \text{m}^3/\text{h}$,时间为 15 min。

撬装式焦油污水处理装置采用旋流除油、聚结斜板沉降及多滤料过滤工艺,其主要单体处理设备为液-液水力旋流器、聚结斜板沉降罐及多滤料过滤器。

1.1 液-液水力旋流器的确定

水力旋流分离器在撬块装置上做为第一级除油设备,设计处理能力 $50\ \text{m}^3/\text{h}$,它由 12 根水力旋流管布置在圆柱体容器内组成。目前,国内外的污水除油旋流器多采用双锥型,这其中以 Vortoil 公司的双锥结构旋流器在现场应用最广泛^[7~9]。在借鉴前人^[6]经验的基础上,确定为双入口双锥型旋流管的基本结构:设计的旋流器均为双入口双锥型,分为 5 个部件分别加工后,再进行组装,结构如图 2 所示。

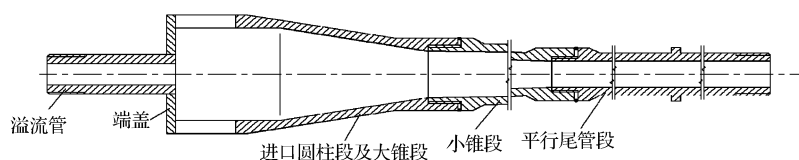


图2 旋流管结构图

Fig.2 Hydrocycloning pipe structure

溢流管与端盖、端盖与进口圆柱段及大锥段的组装采用焊接形式,其余各部件间的连接采用螺纹连接。在本装置中,水力旋流油水分离器中布置了12根水力旋流管,其壳体结构如图3所示。在该结

构设计中,共包含12支旋流管,在容器中按同心圆均布,保证进口方位一致,旋流器进口构件远离壳体进口,避免液体冲击扰动过大,采用立式安装方式。

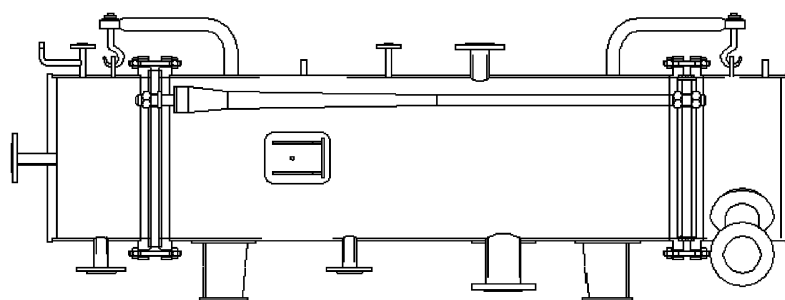


图3 旋流器结构示意图

Fig.3 Schematic diagram of hydrocyclone structure

1.2 聚结斜板沉降罐的确定

聚结斜板沉降罐^[10]由入口缓冲室、粗粒化段、横向流斜板沉降区、自由沉降区、集油室、收泥斗及水室组成,该装置通过对粗粒化、斜板沉降、自由沉降、油水界面控制等数项污水处理技术的综合运用,达到最大程度除油及悬浮固体、减少后续过滤系统处理负荷的目的。其结构简图如图4所示。聚结斜板沉降罐设计处理能力为 $1\ 200\ \text{m}^3/\text{d}$,污水在沉降

罐的停留时间从以往的传统大罐沉降时间由 $6\sim 12\ \text{h}$ 减少到 $15\ \text{min}$ 。沉降罐设有集泥斗及斜板冲洗装置并设有超越流程,在设备运行一段时间后,采用超越沉降罐流程,可对斜板进行冲洗。卧式沉降罐液位采用玻璃管液位计就地显示,并设浮球液位控制,将信号输送至变频调速器,由沉降罐液位信号控制提升泵电机变频调速。

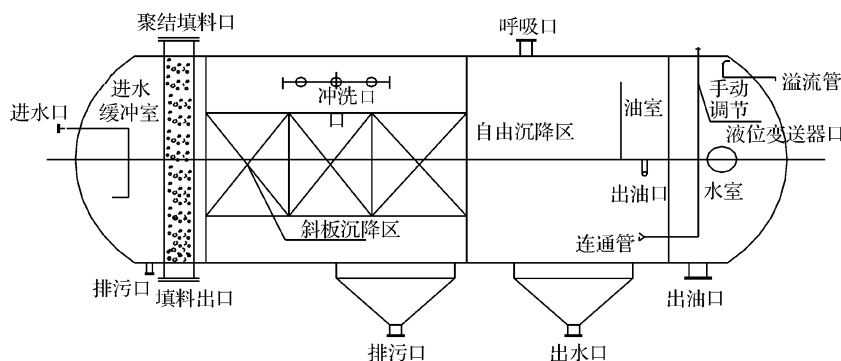


图4 聚结斜板沉降罐结构简图

Fig.4 Schematic diagram of structure of coalescence inclined plate settling tank

1.3 多级滤料罐的确定

本装置上采用的过滤器属多层滤料正向过滤器,反冲洗水力级配后,粒径大相对密度小的核桃壳在上部,粒径及相对密度中等的稀土瓷砂滤料在中部,粒径小相对密度最大的磁铁矿在下部。这样,从整个滤层来看减轻了单层正向过滤器出现的“表面过滤现象”。核桃壳滤料粒径 $0.8 \sim 1.0 \text{ mm}$,滤层厚度 300 mm 。稀土瓷砂滤料粒径 $0.8 \sim 1.0 \text{ mm}$,滤层厚度 300 mm 。磁铁矿滤料粒径 $2.0 \sim 4.0 \text{ mm}$,滤层厚度为 50 mm 。最底层为卵石填料,粒径 $8 \sim 16 \text{ mm}$,至集水支管顶面。

采用的3个多滤料过滤罐,由罐体、配水框、滤床、集水筛板及管汇系统组成。当3个滤罐正常运行时,均在多滤料滤罐要求的滤速范围内。正常情

况下,当滤罐的过滤水头损失达到预定设计极限时,即需进行冲洗。反冲洗强度约为 $15 \sim 20 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$,膨胀率约为 $40\% \sim 50\%$,冲洗时间为 $10 \sim 15 \text{ min}$ 。

2 撬装式含油污水处理装置结构

撬装式含油污水处理装置由2个撬块组成,即沉降撬与过滤撬。沉降撬包括液-液水力旋流器、聚结斜板沉降罐、加药装置及操作控制柜,过滤撬包括多滤料过滤罐、提升泵。

2.1 沉降撬

本装置的处理量为 $1\,200 \text{ m}^3/\text{d}$,沉降撬尺寸为 $6\,900 \text{ mm} \times 2\,200 \text{ mm} \times 3\,500 \text{ mm}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高),其布置如图5所示。

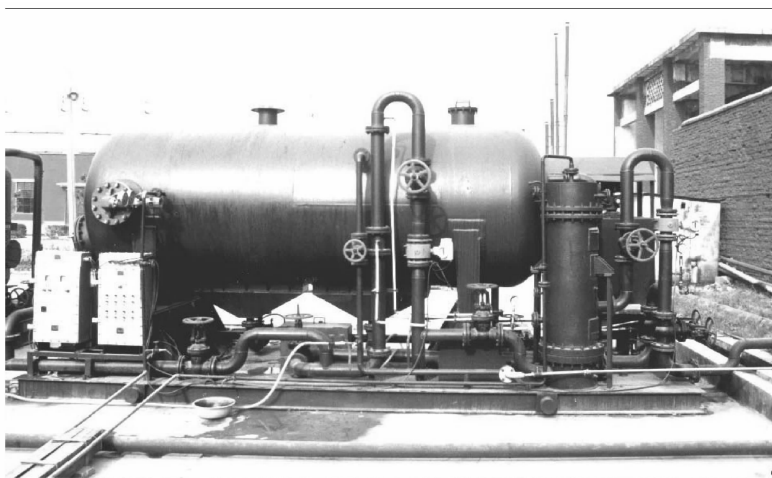


图5 沉降撬结构图

Fig. 5 Structure of settlement skid

2.2 过滤撬

过滤撬尺寸为 $5\,600 \text{ mm} \times 2\,200 \text{ mm} \times 3\,400 \text{ mm}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高),其结构如图6所示。

过滤撬上提升泵采用立式管道泵,便于安装与检修,同时设有反冲洗管线,多滤料过滤罐出水及反冲洗出水管线上均安装取样口,便于实验时获取数据资料。过滤撬上主要为多滤料过滤罐及提升泵组成。多滤料过滤罐尺寸为 $\Phi 1\,200 \text{ mm} \times 3\,200 \text{ mm}$,由罐体、配水框、滤床、集水筛板及管汇系统组成。

3 实验结果与讨论

本装置现场实验的主要目的是检验装置处理性

能,即在现场来液条件下旋流器的除油效率、沉降罐的悬浮固体去除率、过滤罐出口油含量及悬浮固体含量。分别按来液量为 30 、 35 、 40 、 45 和 $50 \text{ m}^3/\text{h}$,在河南油田安棚联合站现场进行了运行试验,并进行取样及化验分析。

悬浮固体(SS)含量的测定采用滤膜过滤法;油含量的测定采用石油醚萃取比色法^[11]。

3.1 旋流器除油效果分析

液-液水力旋流器作为一种离心沉降分离设备,是利用2种不同密度、互不相溶的两相液体混合介质高速旋转时,各相产生不同的离心力而进行分离的。



图6 过滤撬结构图

Fig.6 Structure of filtering skid

从表1可以看出,在现场来液条件下,处理量不超过 $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 时,旋流器出口含油量均能控制在 30 mg/L 以下。当进口流量较低时,由于旋转流速较低,许多油滴未能分离出来,导致分离效率降低。当进口流量进一步增加时,分离效率也增加,到一定程度后达到最大值,此时,在水力旋流器的轴线附近形成一个较稳定的油芯,当进口流量再增加时,分离效率反而下降。本装置旋流器的平均除油达到 78.75% 。

表1 不同处理量及来液含油条件下旋流器处理效果

Table 1 Treatment effect of liquid-liquid hydrocyclone under the control of different treatment capacity and different oil content of inlet

序号	处理量 (m^3/h)	来液平均 含油 (mg/L)	旋流器出口 平均含油 (mg/L)	去除率 (%)
1	30	129.44	23.52	81.83
2	35	129.24	26.63	79.43
3	40	110.91	21.29	80.80
4	45	63.03	18.15	71.20
5	50	107.53	20.98	80.49
平均		108.03	22.11	78.75

3.2 沉降罐除悬浮固体效果

聚结除油即为粗粒化除油。所谓粗粒化,就是使含油污水通过一个装有填充物(也叫粗粒化材料)的装置,在污水流经填充物时,使油珠及悬浮固体由小变大的过程。经过粗粒化后的污水,其含油量及污油性质并不变化,只是更容易用于沉降罐重力分离法将污油及悬浮固体除去。同时,在沉降罐中加设斜板,并设置自由沉降区,增加分离设备的工

作表面积和沉降空间,提高油珠颗粒及悬浮固体的去除效率。

表2 不同处理量及来液悬浮固体含量条件下

沉降罐处理效果

Table 2 Treatment effect of coalescence inclined plate sedimentation tank under the control of different treatment capacity and suspended solid content of inlet

序号	处理量 (m^3/h)	来液 SS 平均 含量 (mg/L)	旋流器出口 SS 平均含量 (mg/L)	去除率 (%)
1	30	46.36	14.69	68.31
2	35	61.55	17.42	71.70
3	40	45.49	10.78	76.04
4	45	52.59	12.63	75.98
5	50	70.39	15.52	77.95
平均		55.28	14.21	74.00

从表2可以看出,在现场来液条件下,沉降罐出口悬浮固体含量低于 20 mg/L ,沉降罐平均悬浮固体去除率可达到 74.00% 。

3.3 装置的总处理效果

从表3可以看出,装置上液-液水力旋流器主要用于去除油,沉降罐主要用于去除悬浮固体,而过滤罐则进行进一步的水质净化。在现场来液条件下,当处理量不超过 $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 时,装置出口平均含油量为 3.79 mg/L ,平均悬浮固体含量为 2.11 mg/L ,达到了 SY/T5329-94 中的中渗透率油田的 B1 级的注水标准(含油 $\leq 8.0 \text{ mg/L}$,悬浮固体 $\leq 3.0 \text{ mg/L}$)。

在过滤及沉降过程中的处理产物,主要为固体形式的泥渣,因其量少,不宜自行处理,可收集交付油田水处理中心一并处置。

表 3 不同处理量及来液条件下装置总处理效果
Table 3 Treatment effect of the equipment under
the control of different treatment capacity and
different suspended solid content of inlet

序 号	处理量 (m ³ /h)	含油量 (mg/L)		悬浮固体含量 (mg/L)	
		来液	总出口	来液	总出口
1	30	127.44	2.32	48.35	2.05
2	35	129.23	2.99	64.43	2.40
3	40	110.90	4.76	49.71	2.09
4	45	63.02	4.49	56.86	1.84
5	50	97.21	4.41	74.70	2.19
平 均		105.56	3.79	58.81	2.11

4 结 论

(1) 该装置采用先进的液-液水力旋流器,停留时间短,除油效率高,平均除油率可达 78.75%。

(2) 该装置采用聚结斜板沉降罐,体积小、效率高,沉降罐除悬浮固体效果较好,平均悬浮固体去除率为 74.00%。

(3) 多滤料过滤罐能有效地保证出水水质,但过滤罐必须每天进行定时反洗,滤料运行 1 年后需进行更换。

(4) 在现场来液条件下,当处理量不超过 50 m³/h 时,装置出口平均含油量为 3.79 mg/L,平均悬浮固体含量为 2.11 mg/L,达到了 SY/T5329-94 中的中渗透率油田的 B1 级的注水标准(含油 ≤ 8.0 mg/L,悬浮固体 ≤ 3.0 mg/L)。

(5) 该装置为撬装装置,体积小、效率高、占地面积少、安装使用方便,造价仅为固定式的一半,适合小油田污水就地处理和回注。不但可节约大量

电、热和水,而且可使原油外输管线不随含水上升、液量增加而不断更换,直接经济效益和潜在效益均非常好。

(6) 该装置虽然灵活、运输方便,但因处理量小,且有工艺参数限定,对于复杂情况或特殊情况的含油污水处理,有一定的局限性。可根据实际情况进行装置改造,以适应处理需要。

参 考 文 献

- [1] 李化民,苏显举,等. 油田含油污水处理. 北京:石油工业出版社,1997,5~6
- [2] 贾西坤. 污水处理工艺. 北京:石油工业出版社,1999. 18~21,99~100
- [3] 陆柱. 油田水处理技术. 北京:石油工业出版社,1990. 32~36
- [4] Chiu P. K., et al. Treatment Technology for Oilfield Wastewater. The Oilfield Industry, 1997
- [5] [英]查里斯 C·帕托,大庆油田科学研究设计院译. 油田水处理. 北京:石油工业出版社,1979. 23~26
- [6] 陆耀军,沈熊,周力行. 优选结构液-液旋流管分离特性. 化工学报,1999,50(6):758~765
- [7] 褚良银,陈文梅,等. 水力旋流器. 北京:科学技术出版社,1998. 35~47
- [8] 诸林,张锋. 处理含油污水的水力旋流器. 重庆环境科学,1996,(1):18~34
- [9] 贺杰,蒋明虎. 水力旋流器. 北京:石油工业出版社,2000. 25~41
- [10] 上海市政工程设计院. 斜板斜管沉淀. 北京:中国建筑工业出版社,1978. 54~65
- [11] 中国石油天然气公司标准汇编组. 碎屑岩油藏注水水质推荐指标及分析方法. 北京:石油工业出版社,1994