

doi:10.3969/j.issn.1005-3158.2010.04.007

# 稠油污泥的综合处理\*

宋启辉<sup>1</sup> 全坤<sup>1,2</sup> 谢加才<sup>1</sup> 王琦<sup>1</sup> 陈瑛<sup>1</sup>

(1. 中国石油辽河石油勘探局; 2. 中国地质大学(北京)材料科学与工程学院)

**摘要** 依据稠油污泥的组成、特点及性质,开发了稠油污泥综合处理技术。利用稠油污水及其余热,采用适宜的预处理工艺实现含油污泥减量处理并回收其中的矿物油。预处理分离的残渣送入层燃热解气化焚烧炉中进行处理,焚烧产生的热能再用于含油污泥前期预处理和稠油污水处理产生的浮渣底泥的干化减量处理。

**关键词** 稠油污泥 预处理 热解气化焚烧 萃取热洗 化学热洗 减量化处理

## 0 引言

含油污泥处理常采用的方法主要有:干燥减量、溶剂萃取、汽提、淋洗、溶剂萃取—超声分离、焚烧、氧化剂氧化、生物修复、微生物破乳等<sup>[1-15]</sup>。这些方法适合特定的含油污泥,但对于矿物油比重大、粘度高、胶质和沥青质含量高,且放置时间长,处理难度大、来源和成分复杂的稠油污泥则效果较差,一般采用多种工艺组合实施。

因此,应根据稠油污泥的来源、组成、特点及性质,采用不同的预处理工艺,实施分步减量化处理和资源化利用,再采用焚烧、生化等方法处理,最终实现稠油污泥的无害化。

## 1 稠油污泥的组成及分类

### 1.1 组成

辽河油田稠油污泥成分复杂,属于多相体系,含有大量的老化原油、蜡质、沥青质、胶体和固体悬浮物、细菌、盐类、酸性气体、腐蚀产物,少量重金属等,同时污水处理过程中加入了大量凝聚剂、缓蚀剂、阻垢剂、杀菌剂等水处理药剂<sup>[16]</sup>,其中固相以泥土和杂物为主;液相部分主要为乳液且乳化充分,形态为水包油(O/W)或油包水(W/O)<sup>[17]</sup>。由于辽河油田稠油污泥的组成、性质极其复杂,处理难度大,同时又具有低营养物、低渗透性、营养物和其中氧气分布不均匀等特点,故其稳定性差,容易腐败和产生恶臭<sup>[18]</sup>,危害极大。

### 1.2 分类

稠油污泥是在稠油开采过程中产生的含油污泥,产生于稠油生产、储存、运输及含油污水处理的各个过程。按来源与特性一般划分为三类:

◆ **落地油泥** 在采油生产和修井作业施工过程中,部分原油放喷或被油管、抽油杆、泵及其他井下工具携带至地面和井场,渗入土壤与各种固体物质时,在长期存放过程中,油品中少量机械杂质、砂粒、泥土、重金属盐类以及石蜡和沥青质等重有机质粘合在一起,形成的油泥称为落地油泥。

◆ **清罐油泥** 油品储罐在储存油品特别是原油时,重质有机质组分沉降积累在油罐底部,形成又黑又稠的胶状物质层,一般高达该储罐容量的 1%<sup>[15]</sup>。

◆ **浮渣底泥** 在稠油污水处理中,采用溶气气浮方式将矿物油和污染物与水分离并去除,上浮的部分称为浮渣,其主要成分为原生矿物、次生矿物、原油、高分子有机化合物、无机盐和杂物等,含水率高达 95%以上。下沉部分称为底泥,主要为颗粒较大的泥砂、稠油中比水重的胶质、沥青质、无机盐等物质,沉积在容器和水池底部,形成黑色、颗粒细密,含油较多的底泥。

## 2 稠油污泥的处理工艺

### 2.1 实施思路

针对含油污泥的来源、组成和性质的不同,采取适宜的预处理工艺,同时充分利用各工艺的特点实现

\* 该项目获得 2009 年度盘锦市科技进步一等奖并获三项国家发明专利授权(《石油泥渣无害处理系统》:ZL200510072350;《一种清罐油泥处理工艺》:ZL200710011114.6;《落地油泥综合处理利用方法》:ZL200710011243.5)

宋启辉,1984 年毕业于吉林工学院机械加工专业,硕士,现在辽河石油勘探局华油实业公司工作,从事油田污染治理和环境保护工作,副处长兼总工程师,高级工程师。通信地址:辽宁省盘锦市兴隆台区石油大街 85 号,124010

工艺简化和能耗的最小化。生化法处理周期长、效率低,因此利用附近稠油污水处理厂的污水及其热能资源实现初步的减量化、资源化,再通过核心工艺焚烧实现其无害化处理和资源化利用,焚烧产生的热能用于落地油泥和清罐油泥的预处理及各种经预处理的含油污泥残渣的干化处理。

## 2.2 工艺流程

根据辽河稠油污泥的组成、特点及性质,在小试、中试的基础上,利用稠油污水及其热能开发了清罐油泥溶剂萃取和热洗离心分离工艺、落地油泥的滚筒热洗浮选三项分离工艺、浮渣底泥减量处理工艺和各种含油残渣干化、热解焚烧热能利用工艺,工艺流程见图1。

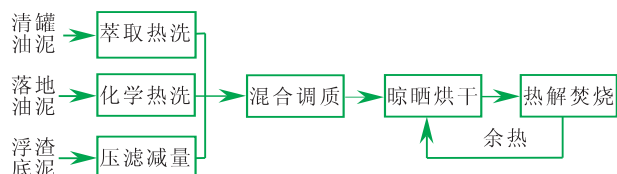


图1 综合处理工艺流程

### 2.2.1 清罐油泥萃取热洗工艺

采用轻质煤焦油为萃取剂,与清罐油泥按1:2(质量)加入反应器中,充分萃取后进行离心分离,分离的固相与稠油污水按1:3~1:5(质量)实施热洗和第二次离心分离处理。两次分离的液相混合后自然分层实现油水分离,分离出的矿物油加工成燃料油,污水回用或经达标处理后排放,沉积在底部微量的泥砂与热洗分离的固相晾晒烘干,然后进行焚烧处理。经溶剂萃取和热洗二段工艺处理,残渣含油低于2%,可回收92%的矿物油和65%的热能<sup>[19]</sup>。清罐油泥萃取热洗工艺流程见图2。

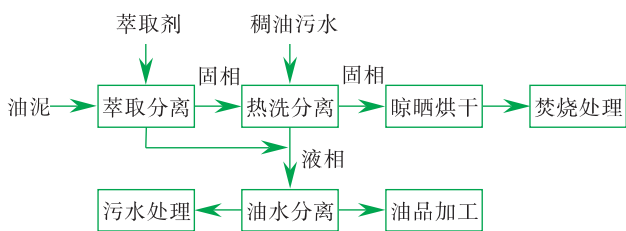


图2 清罐油泥萃取热洗工艺流程

其中,稠油污水为采油污水处理厂物化处理段出水,石油类 $\leq 30$  mg/L、化学需氧量 $\leq 350$  mg/L、pH值为5、温度 $70^{\circ}\text{C}$ 以上,采用此工艺处理后的污水回到污水处理厂处理后达标。采用稠油污水代替清水

处理油泥,可利用其热能并节省大量的清水资源。

### 2.2.2 落地油泥化学热洗工艺

落地油泥砂石含量高、有机污染量大,与底泥相比其油品较好、易分离。该项工艺采用专门设计的清洗机进行处理,清洗机由箱体、进料斗、旋转过滤滚筒、喷淋、溶气气浮、排渣等设备构成。落地油泥经抓斗送入油泥分离机的滚筒中,滚筒有一定倾角半浸于溶液中,稠油污水和清洗剂按比例混合输入油泥分离机中,调整滚筒的转速,依靠水力剪切、药剂清洗、溶气气浮等作用使矿物油与泥等固体杂质分离、使其聚集并上浮,从而实现油、固体杂质和水的三相分离。轻质固体有机污染物及大块无机质经滚筒旋转排出,小颗粒泥砂沉积在设备底部经排渣机刮出,污水离心分离,液相与从清洗机分离出的浮油混合,经自然沉降实现油水分离,污油加工成燃料油,污水回用或送污水处理厂处理,固相与清洗机排出的有机质、小颗粒含油泥砂混合经晾晒烘干后送入焚烧工段处理。该段工艺分离的泥砂含油量可控制在3%以内,矿物油回收率可达82.56%。落地油泥化学热洗工艺流程见图3。

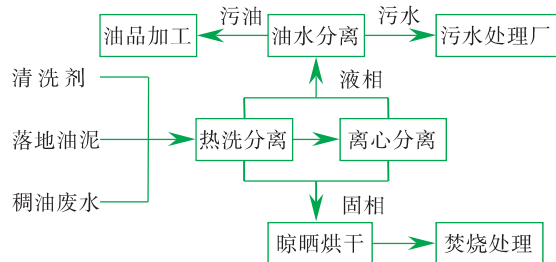


图3 落地油泥化学热洗工艺流程

### 2.2.3 浮渣底泥的减量化处理

浮渣底泥先经板框压滤处理,含水降至70%以下,减量至20%左右,再通过晾晒进一步将含水降至50%以下(冬季直接烘干),然后利用热解气化焚烧的烟气余热实施烘干处理。干化的工艺流程为:经压滤预处理的浮渣底泥用螺旋推进器送入干燥机中,物料在高速旋转叶片的作用下抛起、击碎,并弥散于机体内,同时与热风充分有效接触,进行强烈的对流传热,实现质、热传递。在此过程中(即恒速干燥阶段)物料水分由50%~70%降至25%~30%。粒度较大的物料经排料装置从底部排出,粉碎,与粉料共同进入脉冲气流干燥设备。然后,再将物料送入气流干燥器底部的搅拌器内,再一次使物料与热空气进行强烈对流传热,在气流管内快速实现质、热传递过程。在此过程中(即降速干燥阶段)物料水分由30%降至15%左

右。干燥后的浮渣底泥进行焚烧处理。浮渣底泥减量化处理工艺流程见图 4。

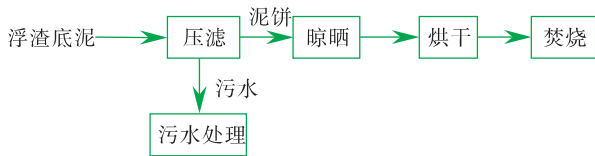


图 4 浮渣底泥减量化处理工艺流程

### 2.2.4 热解气化焚烧工艺

经上述三个工艺处理后,含油污泥残渣集中送入焚烧系统处理。焚烧系统由一燃室(立式旋转热解气化焚烧炉)和二燃室、余热锅炉、除酸调温塔、布袋除尘器及其他辅助设备构成。该系统实现了含油污泥

的热解气化焚烧、热能利用和烟气的达标处理。混合油泥经双辊加料器送入一燃室,依次经干燥—热解—燃烧—燃烬—冷却五个过程完成一次焚烧处理,炉内温度控制在  $850\sim 950^{\circ}\text{C}$ ,热解气化后的残留物在一燃室中继续充分燃烧,燃尽后的结焦状残渣经一次风冷却后,由炉排的机械挤压、破碎成  $100\text{ mm}$  以下的块状物排出至炉底的水封槽内,经湿式出渣系统排出。热解气化混合烟气进入二燃室经二次风补氧过氧燃烧,温度控制在  $1100\pm 50^{\circ}\text{C}$ 。焚烧产生的热烟气由余热锅炉换热生产蒸汽用于生产、生活供暖。换热后的烟气再经换热器换热用于含油污泥的干化处理,尾气采用半干法脱除酸性气体,再经袋式除尘等净化工艺处理达标排放,工艺流程见图 5。

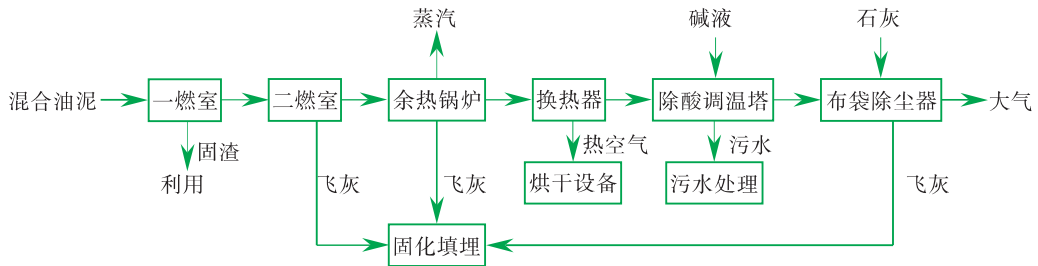


图 5 热解气化焚烧炉的设备流程

## 2.3 实施效果

2007 年稠油污泥处理厂建成并投产,对稠油污泥热解气化焚烧处理,进行无害化处理和资源化利用。年处理各种稠油污泥  $5\text{ 万 t}$ ,回收矿物油约  $2000\text{ t}$ ,省煤约  $4000\text{ t}$ ,减排石油类超过  $2000\text{ t}$ ,COD 约  $6000\text{ t}$ 。

◆ 采用溶剂萃取和稠油污水热洗离心分离工艺处理清罐油泥,处理后的泥砂中油含量低于  $2\%$ ,可回收  $90\%$  的矿物油和  $65\%$  的热能。

◆ 采用化学热洗工艺,利用稠油污水对落地油泥进行减量处理和资源回收,处理后的泥砂中油含量低于  $3\%$ ,可回收  $82\%$  以上的矿物油。

◆ 利用含油污泥焚烧产生的余热,烘干经压滤处理后的含水小于  $70\%$  的浮渣底泥及其他预处理的含油污泥残渣,含水可降至  $15\%$ ,利于燃烧。

◆ 排放的烟气符合 GB 16297—1996《大气污染物综合排放标准》中新污染源二级标准;排放的污水符合 DB 21—60—89《辽宁省污水与废气排放标准》中二级新扩改标准(2006 年监测);排放的废渣符合 DB 21—777—94《辽宁省工业固体废物污染控制标准》,含油未检出。

## 3 结束语

经过近三年的平稳运行表明:含油污泥焚烧处理及热能综合利用技术成熟、经济可行。一是降低了含油污泥对环境的污染,减轻了企业的环保负担;二是分类预处理技术与焚烧的核心技术相结合的工艺其普适性高;三是实现了可用资源的回收,含油量高的含油污泥经过预处理可以回收油,利用稠油污水处理含油污泥可节省大量的清水资源和热能,对含油污泥焚烧处理过程中产生的热能进行综合利用,符合清洁生产要求和发展循环经济的需要;四是年回收  $2000\text{ t}$  矿物油,节省煤约  $4000\text{ t}$ ,经济效益可观;五是社会和环境效益显著,实施后每年可减排石油类超过  $2000\text{ t}$ ,COD 约  $6000\text{ t}$ ,为当地生态和环境保护做出了贡献,推广应用前景较好。

### 参考文献

- [1] I. M. Banat. Biosurfactants production and possible uses in microbial enhanced oil recovery and oil pollution remediation: a review [J]. Bioresource Technology, 1995, 51: 1-12.

- [2] B. Ramaswamy, D.D. Kar, S. De, et al. A study on recovery of oil from sludge containing oil using froth flotation[J]. Journal of Environmental Management, 2007,85:150-154.
- [3] Basanta Kumar Biswal, Satyendra Nath Tiwari, Suparna Mukherji, et al. Biodegradation of oil in oily sludges from steel mills[J]. Bioresource Technology, 2009,100:1700-1703.
- [4] Mingzhe Dong, Shanzhou Ma, Qiang Liu, et al. Enhanced heavy oil recovery through interfacial instability: A study of chemical flooding for Brintnell heavy oil[J]. Fuel, 2009,88:1049-1056.
- [5] Nurdan Buyukkamaci, Emrah Kucukselek. Improvement of dewatering capacity of a petrochemical sludge [J]. Journal of Hazardous Materials, 2007,144:323-327.
- [6] 彭自学. 油田含油污泥处理新方法[J]. 油气田环境保护, 1996,6(1):9-12.
- [7] 黄永港, 徐如良, 侯天明, 等. 油罐底含油污泥处理技术[J]. 石油炼制与化工, 2003,34(5):60-62.
- [8] 赵东风, 赵朝成, 路帅. 焦化法处理含油污泥工艺流程研究[J]. 环境科学研究, 2002,13(2):55-57.
- [9] 王嘉麟, 吴芳云, 吕荣湖. 从含油污泥中回收油技术研究[J]. 油气田环境保护, 1996,6(3):3-5.
- [10] 卢丽丽, 石辉. 植物修复石油污染土壤的研究进展[J]. 化工环保, 2007,27(3):245-248.
- [11] 李增强. 用固-液旋流工艺处理油田集输泵站含油泥砂[J]. 化工环保, 2005,25(5):386-389.
- [12] 张海荣, 姜昌亮, 赵彦, 等. 生物反应器法处理油泥污染土壤的研究[J]. 生态学杂志, 2001,20(5):22-24.
- [13] 于勇勇, 丁爱中, 欧阳威, 等. 微生物菌剂强化处理油砂[J]. 化工环保, 2006,26(3):218-221.
- [14] 宋丹. 含油污泥处理技术的研究[J]. 石油化工环境保护, 2006,29(2):39-42.
- [15] 徐如良, 王乐勤, 李江云, 等. 原油储存沉降规律及罐底油泥形成机理研究[J]. 油气储运, 2004,23(2):46-52.
- [16] 郝以专, 孟相民, 李晓祥. 油田含油污泥处理工艺技术研究与应用[J]. 油气田环境保护, 2001,11(3),40-42.
- [17] 费庆志. O/W型乳化废液的混凝及絮渣处理[J]. 大连铁道学院学报, 2001,22(3):101-104.
- [18] 王毓仁, 陈家伟, 孙晓兰. 国外炼油厂含油污泥处理技术[J]. 炼油设计, 1999,29(9):51-56.
- [19] 全坤, 籍国东. 从稠油罐底泥中回收矿物油[J]. 化工环保, 2008,28(5):447-450.

(收稿日期 2009-12-01)

(编辑 王薇)

(上接第19页)

菌的增加对有机物的降解作用甚至强于菌胶团占优势的活性污泥,但泥水分离能力较差,对二沉池出水SS影响很大,在实际生产中,以污泥沉降比为参考值,可以有效预防污泥膨胀。

由于含油污水的水质经常发生变化,波动较大,为维持曝气池的稳定运行,随着进山水质的变化及时调整运行参数,从而达到稳定运行的目的。

### 3 结论

在炼油化工污水处理中,每天多次测定污泥沉降比,确定曝气池运行的污泥量及污泥凝聚、沉降性能,是评定活性污泥浓度和污泥质量最直接有效的手段。

利用污泥沉降比可以调节剩余污泥排放量,控制污泥浓度;通过污泥沉降比的变化可以及早判

断和发现污泥膨胀,及时做出工艺运行调整。另外,污泥沉降比还可以用于二沉池回流污泥的测定,确定回流污泥量和剩余污泥量,以控制污泥量和保证沉淀效果。

### 参考文献

- [1] 雷乐成. 水处理新技术及工程设计. 北京:化学工业出版社, 2001.5.
- [2] 奚旦立, 孙裕生, 刘秀英. 环境监测(第2版). 北京:高等教育出版社, 1996.
- [3] 高廷耀, 顾国维. 水污染控制工程(第2版). 北京:高等教育出版社, 1999.

(收稿日期 2010-05-20)

(编辑 李娟)