

# 石油库废水的一种物化加生化处理技术

刘兴林, 田同鑫

(中石化森美(福建)石油有限公司, 福建 福州 350001)

**摘要:** 分析石油库含油污水的来源和水质特点, 说明含油污水的分类及危害, 阐述气浮法+CASS 工艺技术。

**关键词:** 石油库含油废水; 气浮; CASS

由于以往对污水排放工作的重视程度不够, 大多数油库都没有建立起有效的污水处理装置和严格的排放制度, 一般含油污水仅经过简单隔油之后即直接排放, 屡屡发生污染周边单位和水体、农田事故。也因此, 油库含油污水处理和排放工作引起了越来越多的关注。文章就油库污水处理技术进行初步的探讨。

## 1 石油库含油污水概况

### 1.1 污水的来源

油库的含油废水主要来自以下 3 类:

(1) 库区废水, 包括油罐进油后的脱水、油罐定期清洗排水、发油台等容易发生油品滴漏部位的地面冲洗水等;

(2) 地面雨水, 主要指受污染的地面雨水, 来自储油罐区和装卸油设施的含油初期雨水;

(3) 码头废水, 包括油轮压舱水、洗舱水和舱底水<sup>[1]</sup>。废水排放不连续, 水量变化幅度大, 变化没有规律, 难以控制。

### 1.2 污水的分类

根据含油废水中油类在水中的存在方式, 可以将含油废水分为以下四类:

(1) 浮油, 以连续相漂浮于水面, 形成油膜或油层。这种油的油滴粒径较大, 一般大于 100 $\mu\text{m}$ ;

(2) 分散油, 以微小油滴悬浮于水中, 不稳定, 经静置一定时间后, 往往变成浮油, 其油粒直径一般为 10~100 $\mu\text{m}$ ;

(3) 乳化油, 水中往往含有表面活性剂使油成为稳定的乳化液, 油滴粒径极微小, 一般小于 10 $\mu\text{m}$ , 大部分为 0.1~2 $\mu\text{m}$ ;

(4) 溶解油, 是一种以化学方式溶解的微粒分散油, 油粒直径比乳化油还要细, 有时可以小到几纳米<sup>[2]</sup>。

### 1.3 污水的危害

石油库含油污水水质受所储存油品的性质、产地、检修

周期、操作管理等影响较大, 水质性质不均匀。污水中的主要污染物为石油类和有机物, 还带有大量重金属等有毒物质, 且其含量不稳定, 在不同废水中含量不同, 变化幅度较大, 难以处理, 严重污染水质。此外, 废水中还含有少量氨氮、硫化物、挥发酚等, 直接或间接毒害生物。由于油类密度比水小, 还易在水面形成一层油膜, 阻止空气中的氧溶解于水, 减少了水中的溶解氧, 致使水生动物因缺氧而死亡; 油膜吸收光线, 影响水生植物的光合作用。同时, 在水体表面的聚结油还有可能引起燃烧, 存在安全隐患。

## 2 石油库含油污水处理方法分析

库区废水作为油库废水的主要组成部分, 其中油、有机物含量远远高于其他废水。由于油或其他有害污染物的影响以及 BOD<sub>5</sub>/COD 值相对较低, 生化处理较为困难, 需综合多种处理方进行处理, 方能达到达标排放<sup>[3]</sup>。目前使用的污水处理工艺大致为物化预处理+生化处理。

### 2.1 物化预处理——气浮法<sup>[4]</sup>

含油废水预处理工艺多样, 一般来讲主要分为粗粒细法、膜过滤法以及气浮法。所谓粗粒细法, 是使含油废水通过一种填有粗粒化材料的装置, 使污水中的微细油珠聚结成较大颗粒, 达到油水分离的目的, 通常也叫聚结法。所谓膜过滤法, 是利用微孔膜拦截油粒, 它主要用于去除乳化油和溶解油。目前应用较多的为气浮法, 下面就气浮法来具体探讨含油废水处理工艺。

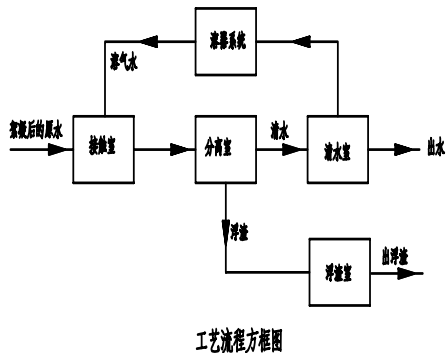
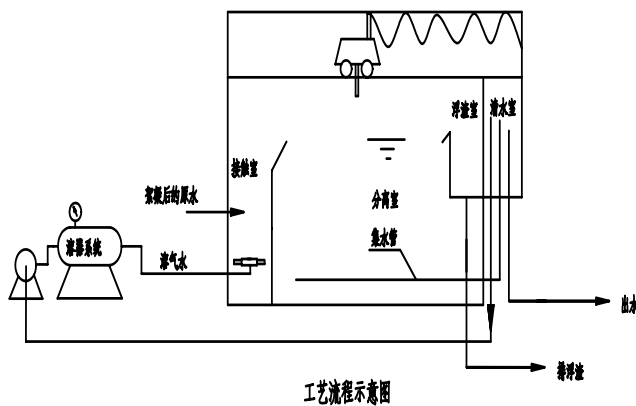
#### 2.1.1 气浮法概述

气浮法是使大量微细气泡吸附在欲去除的颗粒(油珠)上, 利用气体本身的浮力将污染物带出水面, 从而达到油水分离的方法。这是因为空气微泡由非极性分子组成, 能与疏水性的油结合在一起, 带着油滴一起上升, 上浮速度可提高近千倍, 所以油水分离效率很高。气浮法按气泡产生方式的不同, 可分为鼓气气浮、加压气浮和电解气浮等。鼓气气浮是利用鼓风机、空气压缩机等将空气注入水中, 也可利用水

泵吸水管、水射器将空气带入水中。电解气浮是用电解槽将水电解，利用电解形成的极微的氢气和氧气泡，将污染物带出水面。加压气浮是在加压条件下使空气溶于水，然后再恢复到常压，利用释放的大量微气泡将污染物分离。

### 2.1.2 加压溶气气浮除油工艺

加压溶气法是将污水(或清水)和压缩空气导入溶气罐，在压力为 196~392kPa 的条件下，使空气溶解于水变成溶气水，并达到饱和状态。然后将溶气水减压引至气浮池，在常压下，溶解的空气便从水中逸出，形成水-气-粒三相混合体系，细小气泡的直径为 10~100 $\mu\text{m}$ 。微小气泡成为载体，气泡从水中析出时粘附水中的污染物质，形成气-粒浮选体，浮出水面成为浮渣，浮渣由刮沫机刮去，则系统水被净化排出。由于空气的密度仅为水的密度的 1/755，粘附了一定数量污染杂质的气泡体系整体密度远小于水的密度，则气泡体系的上浮速度也就较大，即带气絮粒上浮的原理。其工艺流程见下图所示。



### 2.1.3 加压溶气气浮除油特点

工程上常采用部分污水加压溶气法，这种方法省电、设备容积小、混凝剂耗量少、运行方便、不堵塞，处理效率可达 90%以上。在加压情况下，空气的溶解量增加，供气浮用的气泡数量能得到很大程度的满足，从而确保了气浮净水的效果。溶入的气体经骤然减压释放，产生的气泡不仅尺寸微细、均匀，而且上浮稳定，对液体扰动小，因此，能适用于疏松絮粒、细小颗粒的固液分离。工艺设备相对简单，管理、

维修也方便。因此，加压溶气气浮法的应用范围较广，采用最多，且适用于大、中、小规模给水与废水处理工艺。

### 2.2 生化处理——CASS<sup>[5]</sup>

库区废水要实现达标排放，生化处理工艺后须加以好氧处理。好氧生物处理工艺是目前最常用、最有效、运行成本最低的工艺。CASS 工艺是活性污泥法的变型，由于其具有自动化程度高、抗冲击能力强、不产生污泥膨胀等特点，因此在小型的工业污水处理中应用较为合理。特别是考虑到库区废水排放具有间歇性，采用 CASS 则只需间歇供氧，可有效降低运行成本。

CASS (Cyclic Activated Sludge System 或 CAST(—Technology)或 CASP(—Process)工艺全称为循环式活性污泥法。CASS 工艺是 ICEAS 等工艺的改进，两者均是美国的 Gornszky 教授的专利。CASS 工艺按照曝气和非曝气阶段不断重复进行，在曝气阶段主要完成生物降解过程，将生物反应过程和泥水分离过程结合在一个池之中进行。

#### 2.2.1 CASS 工艺原理

CASS 特指设有一个分建或合建式生物选择器的可变容积，以序批曝气——非曝气方式运行的充——放式间隙活性污泥处理工艺，在一个反应器中完成有机污染物的生物降解和泥水分离的处理功能。整个系统以推流方式运行，而各反应区则以完全混合的方式实现同步碳化和硝化——反硝化功能。

#### 2.2.2 CASS 工艺组成

与传统的 SBR 工艺不同，每个 CASS 反应器至少由两个区域组成，即生物选择区和主反应区，但也可在主反应区前设置一兼氧区。

##### (1) 生物选择区

生物选择器是按照活性污泥种群组成动力学的规律而设置的，创造合适的微生物生长条件并选择出絮凝性细菌。在生物选择区内，通过主反应区污泥的回流并与进水混合，不仅充分利用了活性污泥的快速吸附作用，而且加速对溶解性底物的去除并对难降解的有机物起到的良好的水解作用，同时可使污泥中的磷在厌氧条件下得到有效的释放。生物选择器可有效抑制丝状菌的大量繁殖，克服污泥膨胀，提高系统的稳定性。

##### (2) 兼氧区

兼氧区不仅具有辅助厌氧和兼氧条件下运行的生物选择区对进水水质水量变化的缓冲作用，同时还具有促进磷的进一步释放和强化氮的反硝化作用。

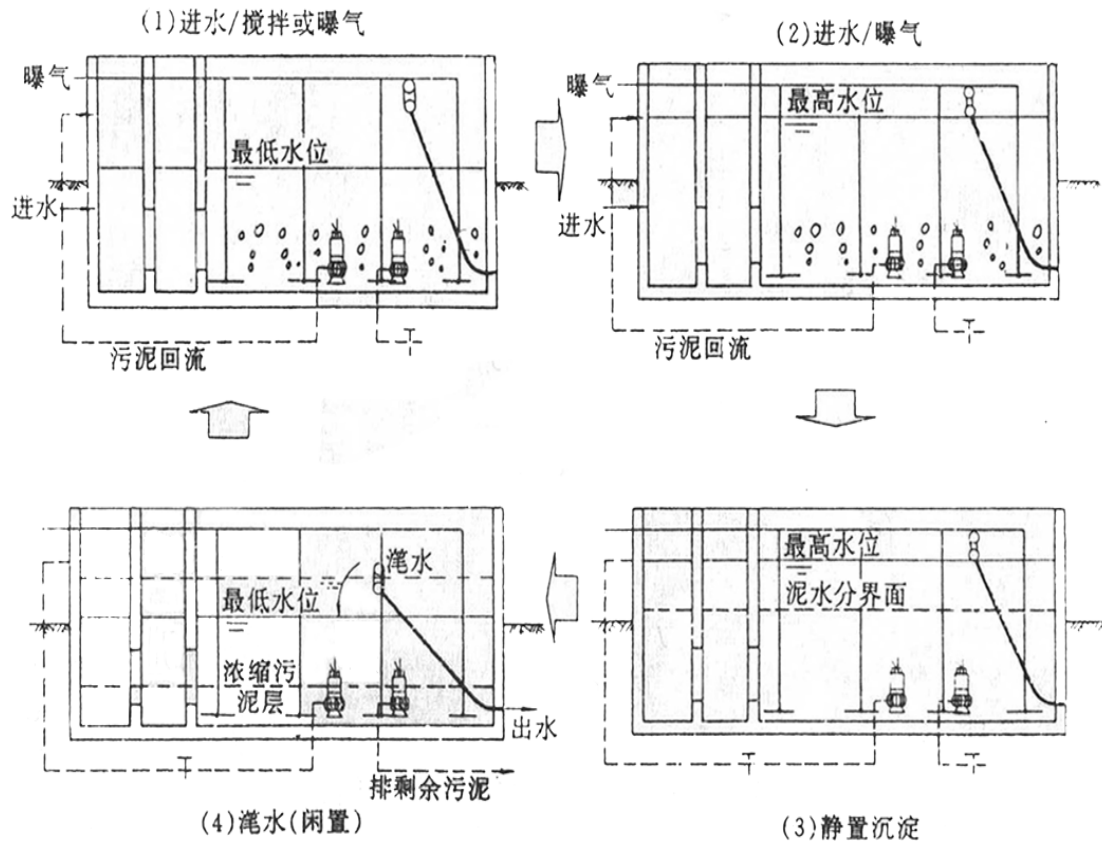
##### (3) 主反应区

主反应区则是最终去除有机底物的主要场所，有机物的进一步降解稳定、硝化和除磷均在此进行，最终的泥、水分离和出水也在这里完成。在运行过程中，通常将主反应区的

曝气强度加以控制,使反应区内混合液处于好氧状态,保证污泥絮体的外部有一个好氧环境进行硝化;活性污泥结构内部则基本处于缺氧状态,溶解氧向污泥絮体内的传递受到限制,而较高的硝酸盐浓度(梯度)则能较好的渗透到絮体内部,有效的进行反硝化,从而使主反应区中同时发生有机污染物的降解以及同步硝化和反硝化作用。

### 2.2.3 CASS 工艺运行

CASS 系统的运行是周期性的循环操作,操作模式由控制软件选择和指定,任何运行方式的调整只需通过调整软件中的基本操作参数来实现,具有高度的可控性和灵活性。CASS 工艺运行过程包括进水/曝气、沉淀、滗水、闲置等四个阶段,详见下图。



CASS 工艺四阶段运行示意图

#### (1) 进水搅拌或曝气阶段

进水送入生物选择器,是一个操作周期的开始。曝气的时间起始点根据预先设定的程序决定,可与进水同步,也可在进水一定时间后开始,以适应不同的进水情况。污泥回流与进水同步,污水在选择器中与回流污泥充分接触后停留一定时间,再进入主曝气区。

#### (2) 进水/曝气阶段

当反应池进水量达到设计值时,池中水位最高,污泥负荷最大,进水切换到其他反应池,该反应池进水停止,污泥回流亦停止;曝气继续,延长的时间由应达到的处理效果确定。

#### (3) 静置沉淀阶段

系统停止曝气,污泥絮体开始自由沉淀,曝气的残余能

量有利于污泥的絮凝,并且由于无水力干扰,沉淀条件较好,污泥与水的分离会较快速有效地完成。

#### (4) 滗水(闲置)阶段

系统最终的出水由自动控制的滗水装置引出,由于能保持恒定的作用水头(压力),并且在静态条件下操作(不存在密度流的问题),出水水质的均匀性和稳定性有保证。实际操作时,滗水所需要的时间通常比设计的时间短,故系统在滗水完成后仍有剩余时间作闲置。

### 2.2.4 CASS 工艺特点

(1) 与 SBR 相比, CASS 具有如下优点:

① 反应池由预反应区和主反应区组成,对难降解有机物具有更好的去除效果。

② 进水过程是连续的,进水管道上无需电磁阀等控制

元件, 单个池子可独立运行; SBR 进水过程是间歇的, 应用中一般需 2 个或 2 个以上水池交替使用。

③ 排水是由可升降的堰式滗水器完成的, 随水面逐渐下降, 均匀排出处理后的清水, 最大限度降低了排水时水流对底部沉淀污泥的扰动。

④ CASS 法每个周期的排水量一般不超过池内总水量的 1/3, 而 SBR 则为 3/4。因此, CASS 法比 SBR 法的抗冲击能力更好。

(2) 与传统活性污泥法相比, CASS 具有如下优点:

① 处理效果好。CASS 法有机物去除率高, 出水水质好。且污泥产量低, 污泥性质稳定。同时具有脱氮除磷功能, 处理过程及排放水无异味。

② 建设费用低, 没有初次沉淀池、二次沉淀池, 工艺流程短、占地面积少、布局紧凑。

③ 运行费用低, 由于曝气是周期性的运行, 池内溶解氧的浓度也是不断变化的, 沉淀阶段和排水阶段溶解氧降低, 重新开始曝气时, 氧的浓度梯度大, 传递效率高, 节能效果显著, 运转费用省。

④ 管理简单, 运行可靠, 反应池内存在 COD、BOD<sub>5</sub>

浓度梯度, 有效控制活性污泥膨胀, 运行可靠。

### 3 结论

综上所述, 根据石油库产生废水的成分特点和处理需求, 气浮+CASS 法对石油库含油污水处理具有较好的适用性, 可推广采用。应用时可根据各油库实际情况进行进一步优化组合, 可达到极佳的处理效果。

### 参考文献

- [1] 徐根良等. 水处理技术, 1991; 17(1): 1-12.
- [2] 胡林江. 石油库含油污水处理技术及排放探讨[J]. 广州化工, 2009; 37(3): 165-167.
- [3] 袁惠民. 含油废水处理方法[J]. 化工环保, 1998; 18(3): 34-36.
- [4] 田博. 气浮装置在化工废水中的应用[J]. 环境保护科学, 2010; 36(2): 11-13.
- [5] 杨亚静, 李亚新. CASS 工艺的理论与设计计算[J]. 科技情报开发与经济, 2005; 15(13): 186-187

**Abstract:** Analysis of the sources and water quality characteristics of oil Library oily wastewater, Shows the classification and hazardous of waste water containing oil, Describes flotation + CASS process.

**Key words:** oil Library oily wastewater, flotation, CASS

(上接第 226 页)

第一课堂以外所进行的科研创新、学科竞赛、素质与技能提高、社会实践、文化艺术与身心发展、社团活动与社会工作、各种职业技能资格培训等活动。要求学生在校期间完成 4 个第二课堂实践学分, 学生取得第二课堂的主要途径是:

- (1) 社会实践活动;
- (2) 参加大学生科研训练项目;
- (3) 参加开放性实验项目;
- (4) 参加学科竞赛;
- (5) 发表学术论文;
- (6) 提交研学作品及相关资料;
- (7) 听科技、学术报告并撰写与报告相关的材料等;
- (8) 有关专业的职业资格证书等;
- (9) 文化素质教育实践活动;
- (10) 其它研学活动。

### 参考文献

- [1] 余国琮, 李士雨, 张凤宝等. “化学工程与工艺”专业创新人才培养方案的制定与实践[J]. 天津大学学报(社会科学版), 2004; 6(1): 1-5.
- [2] 余国琮, 李士雨, 张凤宝等. 化工类专业创新型人才的培养[J]. 化工高等教育, 2006; (1): 8-12.
- [3] 陈巧玲, 郑英娥, 管国锋等. 立足江苏面向全国构建化工专业人才培养新模式[J]. 化工高等教育, 2005; (3): 9-12.
- [4] 许琦, 严金龙, 丁成, 孙浩, 方海林. 化学工程与工艺专业应用性人才培养方案的研究[J]. 长春理工大学(综合版), 2006; 2(4): 109-111