

# 海上生活污水分质处理工艺探讨

石俊飞 国健 张敏  
天津正达科技责任有限公司 天津 300382

**摘要:** 海上平台生活污水中的黑水、洗涤灰水和厨房灰水具有各自独特的特征污染物, 本文阐述了每种组分污水的水质, 水量特点, 分析现有处理工艺的原理、优劣势等, 提出分质处理的改进措施, 为后续海上平台生活污水进行分质处理改造提供参考。

**关键词:** 海上平台; 黑水; 灰水; 分质处理; 工艺探讨

## 引言

海上平台的生活污水主要包括生活黑水和生活灰水。多数平台在建造时按照污水分类布置生活楼的排水管线并分别设置了收集管路, 可以实现不同种类生活污水的单独收集。也有早期的部分平台, 黑水与灰水管路汇合在一个总管上进行混合收集处理。收集后的生活污水一般进入一体化生活污水处理装置, 经污水处理装置处理合格后进行达标排海。由于不同种类的污水其水量及特征污染物有所不同, 传统混合后再进行处理的工艺常因某种特征污染物如油脂, 毛发, 悬浮物等含量过高, 造成设备冲击负荷严重, 设备运行稳定性差, 定期维护工作量大等问题频发。本文主要结合黑灰水特点及特征污染物分析工艺优缺点, 提出分质处理的建议。

## 1 海上平台生活污水组成及特点

海上平台生活污水主要包括冲厕黑水、洗涤灰水、厨房灰水以及少量的医务室黑水。海上平台生活污水具有水质、水量相对固定。由于每种污水产自不同的场所, 其特征污染物有所不同。

### 1.1 黑水的组成及特点

黑水主要来自平台厕所的大便池和小便池, 为含有粪便, 尿液等排泄物的废水, 其有机物及悬浮固体含量较高, 并且含有大量沙门氏菌、大肠杆菌、质贺氏菌、肠道病毒、甲型肝炎病毒等有害病菌, 病原体等。小便池废水中97%成分为水, 其含有大量的尿素(氮)、尿酸、无机盐(磷、钾盐)等组分。研究表明, 黑水中88%的氮、67%的磷、73%的钾来自小便池废水<sup>[1]</sup>。黑水的组分相对复杂, 其成分见表2

表1 黑水的成分<sup>[2]</sup>

| 原水 <sup>a</sup> | COD<br>mg/L | BOD<br>mg/L | SS<br>mg/L | TN<br>mg/L | NH3-N<br>mg/L | TP<br>mg/L | 浊度<br>NTU | PH  |
|-----------------|-------------|-------------|------------|------------|---------------|------------|-----------|-----|
| 黑水              | 800-3500    | 400-1400    | 200-1000   | 130-250    | 100-300       | 20-60      | 200-2000  | 7-9 |

a. 节水型设备如真空厕所的污染物浓度可达普通重力型厕所的10倍以上。

黑水的B/C通常可达0.5左右, 具备较强的可生化性, 通常采用生物处理方式进行无害化处理。一般情况下平台黑水产生量为70L/(人·天)<sup>[3]</sup>, 约占总生活污水量的25%。

### 1.2 洗涤灰水的组成及特点

洗涤灰水主要来自平台洗衣房和浴室, 为清洗平台人员工作服及平台人员洗浴等产生的废水, 该废水含有大量的毛发、洗涤剂表面活性剂, 同时含有从工作服上清洗下来的油污, 尘土、纤维等有机及无机大分子物质, 难以经过简单生化或电解进行去除。

表2 洗涤灰水的成分

| 原水   | COD<br>mg/L | BOD<br>mg/L | SS<br>mg/L | TN<br>mg/L | NH3-N<br>mg/L | TP<br>mg/L | 浊度<br>NTU | PH  |
|------|-------------|-------------|------------|------------|---------------|------------|-----------|-----|
| 洗涤灰水 | 160-300     | 40-140      | 60-90      | 130-250    | 0.5-1         | 5-10       | 20-30     | 7-8 |

洗涤灰水的可生化性在0.3左右比黑水差, 洗涤灰水占比总生活污水量的60%。其排放高峰时段一般集中在晚上18:00-20:00, 约占日常排水总量的80%。

### 1.3 厨房灰水的组成及特点

厨房灰水主要来自平台厨房、餐厅、冷库等场所, 为平台处理食材、烹饪食物、清洗餐具等产生的废水, 该废水含有大量油脂, 淀粉、蛋白质, 洗涤剂等物质, 容易造成管线及设备污堵。以上生活污水直接排放水

体, 容易造成水体污染, 造成生态环境恶化。

平台厨房灰水的产生是在处理不同食材过程中产生, 其中包括五谷类物质淘洗水, 蔬菜瓜果的清洗水, 肉类物质的淘洗水, 餐具洗涤水, 灶具、台面、地板清洗水等。其成分复杂, 有机物含量高, 包含有动植物油脂、食物纤维、脂肪、淀粉、各种烹调佐料、蛋白质和洗涤剂

等。其中油脂、有机物、洗涤剂的相互作用, 导致各类污染物主要以胶体形式存在, 表现为化学需氧量 (COD) 高, 生化需氧量 (BOD<sub>5</sub>) 高, 悬浮物 (SS) 高, 同时油脂和盐分含量也比较高。在随着管道输送过程中容易黏附在管壁和管件部位, 造成严重的污堵塞现象。

表3 厨房灰水的成分<sup>[4]</sup>

| 原水   | COD<br>mg/L | BOD<br>mg/L | SS<br>mg/L | TN<br>mg/L | 表面活性剂<br>mg/L | TP<br>mg/L | 油脂<br>mg/L | PH      |
|------|-------------|-------------|------------|------------|---------------|------------|------------|---------|
| 厨房灰水 | 688-1406    | 365-773     | 15-50      | 130-250    | 0.5-3.8       | 12-19      | 20-30      | 7.2-8.3 |

厨房灰水的可生化性在0.3左右比黑水差, 厨房灰水占比总生活污水量的15%。

## 2 海上平台生活黑水分质处理工艺

### 2.1 电解处理工艺

#### 2.1.1 电解处理工艺原理

电解处理工艺是采用电化学原理, 是在特定材料制成的阳极和阴极电极上施加直流电源, 利用电解池形成的电位差控制电子的流向, 当含有电解质的污水通过电解池时, 在电解池电极表面发生氧化还原反应, 该反应包括阳极表面产生强氧化性的羟基自由基、次氯酸根等物质, 将污水中的有机物进行直接和间接方式进行氧化分解, 也包括在阴极表面污染物直接得到电子的还原反应及电解质里的高价或低价阳离子在阴极上得到电子还原为低价态阳离子和金属沉淀物。电解反应的作用包括电化学氧化还原, 电沉积, 点凝聚电气浮, 电渗析, 电吸附-过滤吸附, 电泳等作用<sup>[5]</sup>。常见电解污水处理工艺有电絮凝-电解处理工艺, 电催化氧化处理工艺。

#### 2.1.2 电解处理工艺优缺点

电解法优点如下: 1) 整机体积小, 运行和空载时重量均为最轻; 2) 模块化设计, 整套装置可分解安装, 特别适用于空间紧张的海洋平台安装; 3) 可随时启动运行、关机; 运行时不需外加消毒灭菌剂; 4) 操作维护简单, 无需专业技术人员; 5) 无污渣产生, 无需操作人员在恶劣环境中清除臭污<sup>[6]</sup>。电解法缺点如下: 1) 一次性投资大; 2) 容易产生氢气, 对设备防护等级要求较高; 3) 电极产时间接触污水, 容易发生结垢, 频繁阻塞过流通道; 4) 电极电流无法随水流进行调整, 造成电源浪费较大; 5) 电极损耗严重, 更换及维护成本较高。

### 2.2 生物处理工艺

#### 2.2.1 生物处理工艺原理

生物工艺是通过培养微生物来实现有机物的降解。能够用于污水处理的微生物包含多种厌氧细菌、好氧细菌、及兼性厌氧好氧细菌等原生动物以及后生动物等

组成的微生物体系, 污染物在该体系中被不断从水中吸附、富集、转移、氧化等作用, 最终使得水体得到净化。一体化污水处理装置, 通过营造适宜各种微生物生存的环境而产生不同的优势菌种, 在优势菌种的作用下污水中有机物, 氮元素, 磷元素的去除。常见生物处理工艺有活性污泥处理工艺和序批式污水处理工艺。

#### 2.2.2 生物处理工艺的优缺点

生物处理工艺的优点包括: 1) 系统抗冲击能力强, 当系统受到瞬时水量或水质冲击时, 依靠微生物的适量增殖实现生化系统的自我调节; 2) 运行费用低, 系统无需投加药剂, 整体装机功率相对电解法较低。缺点包括: 1) 生化工艺系统的正常与否需要相对专业的知识, 人员较难通过直观的一种参数评判工艺运行的好坏; 2) 占地面积较大, 生化工艺主要靠微生物的生化反应, 而生化反应通常需要一定的时间, 即污水必须的水力停留时间, 通常污水需要停留4-8小时, 因而装置占地面积较大; 3) 需定期排放剩余污泥, 因微生物将有机物质转化为自身细胞, 同时增殖和死亡, 需要定期将污泥进行排放; 4) 启动速度慢。需要进行生化培养才能成熟并投入使用, 在装置刚投用或停机后重启时需要重新进行培菌, 耗时较长。

## 3 海上平台生活灰水分质处理工艺

### 3.1 厨房灰水分质处理工艺

结合厨房灰水的特点, 其处理方法重点集中在两个方面: 预处理和后续的深度处理, 预处理方法主要是: 1) 油水分离器; 2) 粗粒化; 3) 电絮凝法; 4) 化学破乳法; 深度处理方法主要有: 1) 混凝法; 2) SBR法; 3) 生物接触氧化法; 4) 膜生物反应器法。<sup>[7]</sup>

来自平台的厨房灰水, 通过平台厨房洗菜池、洗碗池及地漏进入单独厨房灰水排放管线, 在进入排放管线之前经过简单的滤网进行拦截过滤。较大颗粒的固体食物残渣、蔬菜叶、菜根、骨头等物质被拦截在滤网内, 需经人工清理进行去除。残余油脂及废水通过管网进入

撇油器进行油水分离。经分离的油脂进入集油槽，通过人工维护定期清理，出水进入污水处理装置进行进一步处理达标后排放。

工艺处理缺点：1) 撇油器一般为传统的重力式撇油器，对悬浮油能够重力分层，但对乳化油及溶解性油脂无去除效果。出水进入生活污水处理系统，增大了生活污水处理装置的运行负荷；2) 一般撇油器未设置自动收油装置或集油槽过小，容易导致排油不及时，分离出来的油脂容易被水流携带出导致除油失效。

### 3.2 洗涤灰水分质处理工艺

结合洗涤灰水的特点，洗涤灰水的处理方式国外研究较早，现有的灰水处理技术可分为物理类、化学类、生物类技术。但结合海上平台的现状，目前已有的洗涤灰水单独处理技术主要为物理类。

物理类处理技术主要指洗涤灰水主要经过毛发过滤器进行分离，通过设置一定的拦截目数，通常为60目，来达到初步过滤毛发等物理尺寸较大的物质。过滤后的洗涤灰水通常情况下直接进入生活污水处理装置的后端，借助生活污水处理装置本身的生化功能单元或电解功能单元，完成溶解性污染物的去除。

工艺处理缺点：1) 仅能够去除悬浮性物质，并未对溶解性污染物及胶体性物质进行实质处理，依靠后端生活污水处理装置进行处理增大了装置处理负荷，也不利于生活污水处理装置小型化设计；2) 滤器选型不当，不具备自动反清洗功能，容易发生污堵。

## 4 海上平台生活污水分质处理工艺建议

首先，黑水的可生化性较好，同时海上淡水冲厕平台水量波动较小，海上平台并未将黄水单独从黑水中分离处理，未来考虑黄水资源化利用，可以将黄水单独从黑水中进行剥离，采用先进的一体化处理装置实现资源的回收利用。其次，厨房灰水分质处理技术重点考虑预处理固液分离及深度油水分离技术。在传统重力撇油器的基础上，增加破乳及气浮除油功能，降低污水中悬

浮、乳化、溶解性油脂的含量，同时进一步去除水中溶解性有机物，氮，磷等元素的含量，以实现达标处理的目的。最后，洗涤灰水分质处理工艺目前仅通过毛发分离器进行处理，仅能够去悬浮性物质，未能够进行实质性净化。考虑到洗涤灰水相对成分较为单一，污染物含量先对较低，应重点考虑过滤后水中表面活性剂的去除，可采用反应速度快的混凝沉淀法，通过投加适当化学药剂，辅助污染物质的析出，降低表面活性剂及溶解性污染物含量。

### 结束语

本文通过系统总结海上平台生活黑水、洗涤灰水、厨房灰水三种不同水的水质特点及特征污染物，总结不同污水可采用的分质处理方法，同时分析每种方法存在的优缺点，并对分质处理工艺提出改进建议，为海上平台生活污水精细化管理，分质化处理提供参考。

### 参考文献

- [1]VINNERÅS B, JÖNSSON H. The performance and potential of faecal separation and urine diversion to recycle plant nutrients in household wastewater[J].Bioresource Technology, 2002, 84(3):275-282.
- [2]徐娇,杨黎彬,周雪飞.厕所黑水、黄水处理和资源化技术研究现状与展望[J].环境卫生工程,2022,30(5):1-13.
- [3]LI F Y, WICHMANN K, OTTERPOHL R. Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses[J]. Science of the Total Environment,2009,407(11):3439-3449.
- [4]谢剑鹏.江门市新会区城区典型餐厨废水水质分析[J].清洗世界,2021,37(11):125-126.
- [5]徐珍玲.电化学法在生活污水处理中的研究进展[J].安徽化工,2020,46(6):10-12.
- [6]王亚莹.电解法生活污水处理装置在海洋平台上的选型设计[J].化工装备技术,2017,38(6):16-18.
- [7]王松慧.餐饮业废水的处理[J].工程建设与设计.2004,11:43-46.