

# 造纸与化工混合污水处理生化动力学研究

韩明月

(辽宁中咨华宇环保技术有限公司, 辽宁 沈阳 110000)

**摘要:** 本文详细阐述了如何通过混凝沉淀-生物接触氧化法以及生态混合池来处理混合化工废水的实验方法, 同时也对生化废水的预处理过程做出了基础性的研究。在这项生化实验过程中, 考察了水的滞留时间以及有机物的负载如何影响废水的处理结果, 同时也观测到了微生物的成长与扩散的趋势, 并且首次尝试了它们的动态模型。经过实验, 发现这种方式对于处理混合化学废水具有显著的效果。在恰当的环境中, COD、BOD<sub>s</sub> 的去除率高达 55%, 90% 或更高, 而 SS 的去除率则可超过 50% 或 80%。

**关键词:** 混合化工污水; 生化动力学; 污水处理

**中图分类号:** X703

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-6937 (2024) 04-0008-03

## 引言

由于造纸、化肥、农药和化工等行业的废水组成都相当复杂, 尤其是在某些行业, 废水中的某些元素的浓度非常高, 而且还没有其他的营养元素, 这使得处理这些行业的废水变得困难。比如, 在制作纸张的过程中, 由于缺少氮和磷, 须添加其他的营养元素, 这会导致处理的花费提升。另一方面, 有机磷农药废水的磷含量非常高, 须先将其稀释 33 倍, 然后才能添加碳和氮来进一步处理, 这样的处理过程会产生巨大的花费。目前, 对于化肥工业的氨氮废水, 还没有一种完善的处理手段。若某个地方有多家公司, 则将其纳入集中化的污水处理过程, 既能弥补其缺点, 也能克服单独处理的困扰, 从而降低管理成本。

## 1 材料与试验方法

### 1.1 污水的来源和特征

某化学工业园区采集的实验废水, 主要来源于染料、农药和其他微型化学制剂的制造流程, 这些废水被称为混合型的化学废水<sup>[1]</sup>。这些废水呈现出较深的颜色, 含有大量的有害且难以降解的有机物, 并且种类繁多, 其组成部分涵盖了苯、甲苯、苯酚、硝基苯、苯甲酸、萘、蒽醒以及与之对应的衍生物。

### 1.2 试验工艺流程与设施

图 1 展示了实验的流程以及关键的设备。在进行生物化学处理时, 主要的接触氧化池是一个推流

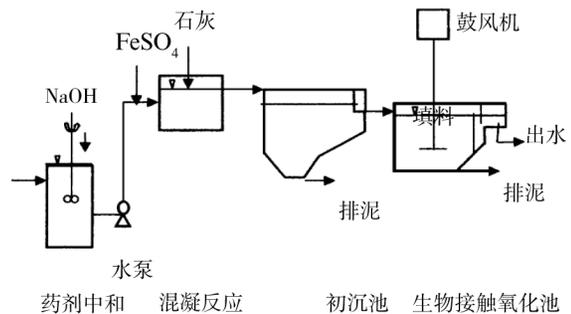


图 1 小试工艺流程图

式矩形池, 它的规格是 60 cm × 20 cm × 25 cm (不包括二沉池的部分), 在去掉了填充物的 10% 的容量以及超出的 3 毫米的高度后, 它的实际容量是 24 升。采用的填料是软性笼式纤维, 它的原料是高醛化度的聚乙烯纤维, 具有优秀的生物膜粘接性, 并且对冲击负载有很好的抵抗, 使得系统的运作十分稳健。填料的储存容量达到 24 L, 其相对于地面的表面积达到了 2472 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, 而且整个填料的总表面积达到了 59.3 m<sup>2</sup>。采取微孔曝气器对填充物的底部施加鼓吹曝气。

### 1.3 分析方法

针对处理系统的 COD<sub>e</sub>、BOD<sub>5</sub>、pH、色度、MLSS、MLVSS 等水质参数的检验, 采用了如下的实验步骤: COD<sub>e</sub> 采用的是快速的重铬酸钾法; BOD 则是通过标准的稀释法; pH 则是使用 pH 的精确测定工具; 色度则是通过稀释倍数法; MLSS 则是通过烘干法来计算; MLVSS 则是通过灼烧法来计算; 至于污泥的浓度, 选择了具有代表性的填充材料,

作者简介: 韩明月 (1989—), 女, 硕士, 工程师, 主要研究方向为化工。

然后使用蒸馏水清洁了生物膜，并将其烘干后计算出的生物量与反应器的总填充材料数相乘。将反应器的有效容量减去后，就可得出结果。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 生化预处理部分

由于此污水的 pH 值波动较大，因此首先需建立一个中和池，使 pH 值在 6~9 之间。同时，由于原水的含量偏高，其颜料主要为胶态，为了消除这类具有疏水特征的颜料，采用凝结沉淀法是一个可行的方案<sup>[2]</sup>。此外，此方法在清除水中的不溶性微粒方面表现出良好的效果，因此决定采用混凝沉淀的预处理技术。在挑选混凝剂的过程中，首先需关注的是水的品质以及 pH 值的变化。鉴于原始水的特点与染料废水相似，过去已经有研究表明，硫酸亚铁加氢氧化钙能够成功地将活性染料废水转化为无色，且转化效率极高。因此，决定采取这种方式来实施生化预处理，同时也对其最优的投加剂量做出了实验。

以下是实验流程：首先，从六个烧杯里各提取 1000 ml 的新鲜水，然后分别添加适当数量的硫酸亚铁，并对它们进行混合。在混合过程中，先用高速搅动一分钟，然后用低速搅动三分钟，最终在十分钟的时间里，倒入 20 ml 的石灰水，接着继续用低速搅动十分钟。经过两个小时的静止，使用针筒采集了上层的溶液进行了样品的分析。根据这个分析结果，发现，当投药剂量是 100 mg/l，色度去除率几乎没有改变；然而，COD<sub>e</sub> 的去除率在 200 mg/l 的情况下达到了顶峰，但是，如果继续加大投药剂量，去除率却会逐渐减少。可能的原因在于，当混凝剂的使用量超标，导致了胶体颗粒的“再稳”。鉴于经济效益，FeSO<sub>4</sub> 的投药量被确定为 150 mg/l。在未来的操作中，将遵循此最优的投药量进行。

### 2.2 生物膜的培养和驯化

在小试阶段，首先进行了曝光处理，然后逐渐进行了动态培育。从南通的一家污水处理厂获得 10 升的回流污泥 (SS=3055 mg/lvss=2096 mg/l, vss/sS=0.686)，经过两小时的沉淀处理，然后将其上层的液体丢掉，最终将这些沉积的污泥注入到了池塘里，用于制备菌株。将少量的混合化学废水、淘米水和河水按照特定的比率配置，初始的比率是 1 : 1 : 8。此外，还需添加特定浓度的营养盐 (BOD<sub>5</sub> : NP=200 : 5 : 1) 来增加微生物的繁殖能力。在完成曝气池的搅动后，可得到曝气池内的 COD (ph 值) 的浓度达到 676 mg/l。经过调整供气量，使得水中的溶解氧维持在 4.0 mg/l 的范围内。经过 24 小时的曝光处理，能够清晰地看到软质纤

维填充物上的污垢，并且在显微镜下发现了一些菌胶团，其颜色为灰黑色。在此期间，会每 24 小时更换一次水，逐渐增加混合化学废水的比例，直到达到 100%，并且会对其进行微生物的显微镜检查。在 7 天后，填充的生物膜变得更加紧凑，颜色由绿变为了棕。通过显微镜观察，可看到大量的活跃的原生动物和藻类，包括钟虫、漫游虫、盖纤虫、等枝虫、草履虫等。两周后，显微镜下观察到少量的后生动物，尤其是线虫，此时的出水质量达到了清澈，COD<sub>er</sub> 的去除率也达到了 70%。这说明驯化工作已经完成，并且开始正常运行。

### 2.3 停留时间的影响

在特定环境中，微生物如何氧化有机物，主要依赖于它们和污水的接触时长。为了确保这个关键因素的准确性，从 1998 年 11 月中旬至 1999 年 5 月期间，对污水在氧化池中的滞留时长进行了研究，以探究它们如何影响净化效率。实验环境是：8~22℃ 的温度范围；DO 浓度在 3~4 mg/l 之间；空气和水的比例在 80~100 : 1 之间。

COD<sub>er</sub> 和 BOD<sub>s</sub> 的清除率会因为污水在池中的滞留时长而提高。如果滞留时长不足 24 小时，那么其清洁效率就会下降<sup>[3]</sup>。这说明，使用生物方式来处理混合型的化学废水，须有足够的滞留期。如果滞留期超过 30 个小时，COD<sub>er</sub> 的清除率将会达到 50% 或更高。在此实验中，将最长的停留时间设定为 60 小时，此时 COD<sub>e</sub> 的去除率能够提高至 63.2%。然而，当停留时间增加时，COD<sub>er</sub>、BOD<sub>s</sub> 的去除率并未有太大提升。因此，在考量到处理成本以及运营开销后，建议将停留时间设定在 36 小时。

### 2.4 有机负荷率与出水的关系

随着负荷的增加，COD 的含量也会相应提升。但是，如果 COD 的含量超标，其去除率会降低，从而导致出水中携带的污泥数量增加。因此，在决定负荷时，需考虑到处理工程的具体需求。这样做的目的是避免 COD<sub>e</sub> 和浓度过高的情况对生物反应器产生影响，同时也能降低占地面积，节省投入，因此，建议使用更大的容积进行操作。而在另一个角度看，如果期待得到的是优良的出水水质，以及更高的去除率，那么就需避免使用太大的负荷。根据图表，为了实现 COD<sub>e</sub> 的目标，去除率需超过 50%，BOD<sub>5</sub> 的去除率需达到 80%，同时 COD<sub>e</sub> 的负载需低于 0.72kgCOD<sub>e</sub>/m<sup>3</sup>d 以及 0.061 kgCOD<sub>er</sub>/kg 的污泥 d。BOD<sub>s</sub> 的承载能力应低于 0.17kgBOD<sub>s</sub>/m<sup>3</sup>d 以及 0.014kgBOD<sub>s</sub>/kg 的污泥 d。

### 2.5 池中污泥状况

根据测试结果，观察到池内的生物浓度达到了 11.9 g/l，表明其生物数量相当丰富。在显微镜下观

察,看到了生物膜表面的菌胶团紧密。同时,也注意到了大批的活跃的原生动物和后期的生态系统,这些都表明了污泥具备处理该类型的废水的能力,并且能够确保排放的水质始终处于稳定且优秀的状态。经过半年的实验,所有的运行数据都保持了稳定。

### 3 生态组合池混合污水处理工艺

#### 3.1 生态组合池工艺说明及机理分析

##### 3.1.1 工艺说明

生态混合池的技术体系包括了处理部分、絮状沉淀部分和稳定部分,并配备了生化混合部件、供水系统、呼吸系统、泥沙排放系统和植被浮动塔。从底部到顶部,处理部分被划分为污泥稳定层、厌氧层、缺氧层、好氧层和出水层。请参阅图 2 了解生态混合池的制作流程。

污水是由多个布水点,位于处理区的池底,通过一个布水系统,从下往上,顺序穿越了污泥稳定层、厌氧层、缺氧层、好氧层和出水层<sup>[4]</sup>。然后,这些污水会在池的顶部的出水层中,以不同的方式循环流动,最终穿越多个缺氧和好氧的阶段,离开了处理区。接着,它们会自行流到絮凝反应区,并添加絮凝剂。最终,这些反应产物会通过稳定区,流向生态组合池。

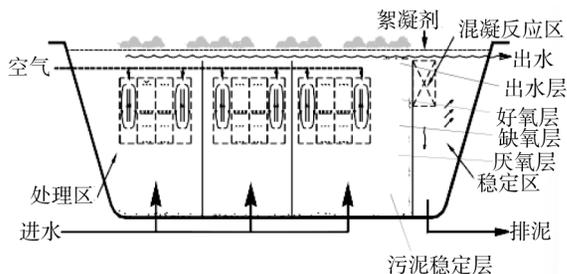


图 2 生态组合池工艺系统

##### 3.1.2 工艺去除机理分析

采取生态组合池技术的净化方法,其核心原则就是利用生物与环境的协同效应来清洁废水。多种微生物能够将有害的有机物质,如悬浮活性污泥、粘附的生物膜及植物的根系微生物等进行清除。而大型颗粒与悬浮物的无机成分则会先行沉淀并保留在污泥稳定层,而悬浮物的有机成份及其他大多数的生化污泥则会在沉淀的过程中经历厌氧的消化和分解,而其所释放出的恶臭则会在其上升的阶段由微生物与植物以“生物净化滤池”的方式进行吸收与分解。生物脱氮是主要的脱氮手段,它不仅包括常规硝化反硝化技术以及植物的氮吸收能力,还

包括整体的生态混合池的局部氧气分布的不平衡以及生物膜微环境中的溶解氧梯度,这些都有助于加强同步进行的硝化反硝化技术的生物脱氮效果。磷的去除主要依赖于化学方法,并且需依赖于植物的磷吸收能力。为了实现富磷污泥的沉积,会在絮凝反应区内添加化学药品。这些污泥会被最后的排放系统所处理。此外,还能够对进水的计量分配管道中选择添加絮凝剂,而一些磷则会被储存在污泥的稳定层中。

##### 3.1.3 生态组合池污水处理工艺优化

在项目实施过程中,观察到生态组合池工艺的优势包括高净化效率、优良的出水品质、低廉的运营成本、抵抗冲击的能力、减少的污泥数量、微小的处理异味以及良好的工厂环境。同时,也注意到在冬季低温的条件下,尤其是当进水的总氮含量超过规定标准时,出水的总氮含量也会超标。在试运行阶段,如果进水浓度的波动较大,需手动调整供气的分配量。此外,由于絮凝反应区底部的区域,导致了絮凝剂投加点后段的富磷污泥无法及时排出。

#### 结语

在挑选污水处理厂的处理方法时,须全面评估诸如技术、项目成本、运作成本以及其对附近环境的效果等关键元素。通过参照城市公共设施与制造业园区的污水处理项目的具体案例,详细解释了生态混凝土池的工作过程,并研究了项目的运作状况。可对工艺设计进行改进,包括扩大混合液的回流路径,改善水分配与供应系统,新增钢筋混凝土的沉积池,安装排泥管线,同时保证定时的排泥接头,以降低稳定区的深度。

#### 参考文献

- [1] 曾旭,王荣昌,马翠香,等.工业生活混合污水处理厂的进水变化特征[J].净水技术,2020,39(5):75-79,115.
- [2] 苏泽文.农村混合生活污水排放与处理工艺研究[J].化工设计通讯,2019,45(4):222-223.
- [3] 孙晓峰,邓睿,史丹妮,等.混合污水厌氧处理适应性研究[J].石油化工技术与经济,2016,32(6):48-52.
- [4] 沈勇.东港污水处理厂三期工程混合污水处理设计[J].城市道桥与防洪,2014,(7):252-256,259,20.
- [5] 宋和平,沈玉梅.造纸与化工混合污水处理生化动力学研究[J].化学反应工程与工艺,1996,(1):55-62.