

# 厌氧工艺在污水处理中的价值与应用实践研究

张博悦

天津新康水处理有限公司 天津 300401

**摘要:** 随着社会经济不断发展,工业生产高浓度污水排放量也日渐增大,采用常规方式进行处理,无法达到规定排放要求。将厌氧工艺运用到高浓度工业污水处理当中,可以对污水中有机物质进行有效降解与处理。本文联系厌氧工艺在污水处理中的应用价值,对厌氧反应机理进行细致阐述,并从厌氧消化池、厌氧接触反应器、厌氧滤池、厌氧折流反应器、厌氧颗粒污泥膨胀床反应器等方面入手,详尽探讨厌氧工艺在污水处理中的实践应用,以供参考。

**关键词:** 厌氧工艺; 污水处理; 价值; 应用实践

## Study on the value and application of anaerobic process in wastewater treatment

Boyue Zhang

Tianjin Xinkang Water Treatment Co., Ltd. Tianjin 300401

**Abstract:** With the continuous development of socio-economy, the discharge of high-concentration industrial wastewater has been increasing, and conventional treatment methods fail to meet the prescribed discharge requirements. The application of anaerobic processes in the treatment of high-concentration industrial wastewater enables effective degradation and treatment of organic substances in the wastewater. This paper discusses the application value of anaerobic processes in wastewater treatment, elaborates on the anaerobic reaction mechanism, and comprehensively explores the practical application of anaerobic processes in wastewater treatment, focusing on anaerobic digestion tanks, anaerobic contact reactors, anaerobic filters, anaerobic upflow reactors, and anaerobic granular sludge expanded bed reactors. This study provides insights for reference regarding the practical application of anaerobic processes in wastewater treatment.

**Keywords:** anaerobic process; Sewage treatment; Value; Application Practice

厌氧工艺在污水处理中扮演着十分重要的角色,不仅可以在缺氧条件下降解有机物质,还能实现对氮和磷的有效去除,厌氧处理过程所产生的沼气富含甲烷,可以回收作为能源再次使用。不过在处理高浓度有机废水、食品加工废水等时,厌氧工艺使用会受到温度、催化剂等因素影响,导致废水处理效率降低。这时候就要加强厌氧工艺研究与分析,并结合厌氧反应机理对各个环节进行把控与优化,使厌氧工艺在污水处理中的优势作用得到充分发挥<sup>[1]</sup>。

**作者简介:** 张博悦(1989.5.5-),男,汉族,天津,本科,中级工程师,研究方向为环境工程。

### 一、厌氧工艺在污水处理中的应用价值

厌氧工艺在污水处理中应用,可以发挥以下作用:  
(1) 降解有机物质。在对污水进行厌氧处理时,厌氧菌可以在缺氧条件下降解有机物质,并将之转化成二氧化碳和氮气。通过降解处理以后污水中的有机负荷和污染物也会明显减少。(2) 实现能源回收。由于厌氧工艺在污水处理中应用,厌氧处理过程会产生大量的沼气,因此就可以将沼气作为一项可利用能源资源进行回收,用到发电、加热等领域中。(4) 减少污泥产生。厌氧与好氧相比较,厌氧处理污水过程产生的污泥会更少,主要是因为厌氧条件下,污水中存在的一部分有机物会被转化成沼气,另一部分则作为营养物质给厌氧菌,因此厌氧工艺处理污水污泥处置量会更低<sup>[2]</sup>。

## 二、厌氧反应机理分析

由于污水中含有的有机物比较多,因此要分成四个阶段进行厌氧处理,具体包括:(1)水解阶段。污水中存在的高分子有机物体积较大,无法直接通过厌氧菌的细胞壁,需要通过胞外酶将这些大分子体积分解成小分子,比如污水中典型的纤维素有机物质,其可以被纤维素酶有效分解成纤维二糖和葡萄糖,淀粉和蛋白质则被分解成麦芽糖、氨基酸等,使这些小分子物质可以顺利通过细胞壁进入体内进行下一步分解。(2)酸化阶段。在这些小分子有机物进入到细胞体内以后,就可以将其转化成为更加简单的化合物,然后将之分配到细胞以外,这一流程涉及到的主要产物是挥发性脂肪酸和部分醇类、氢气、硫化氢等产物。(3)产乙酸阶段。污水经过酸化阶段产生挥发性脂肪酸物质,在产乙酸阶段就可以将之进一步降解成乙酸,并且这一阶段与前面酸化阶段都是由同一类细菌完成,将相应产物排放到水体当中。(4)产甲烷阶段。在该阶段乙酸、氢气等都会被转化成为甲烷、二氧化碳等,这也是厌氧处理污水最为重要的阶段。在前三个阶段,污水中存在的污染物质只是形态上发生了变化,对COD几乎没有任何影响,只是在产甲烷阶段,污水中污染物质变成甲烷气体以后,污水中的COD含量才出现大幅度的下降,并且污水处理产生的大量碱度与前处理阶段产生的有机酸保持相对平衡状态,有效维持了污水PH稳定和反应持续性地进行<sup>[3]</sup>。

## 三、厌氧工艺在污水处理中的应用实践研究

### 1. 厌氧消化池

厌氧消化池属于第一代厌氧消化工艺。实际运用污水会定期连续地加入消化池,并且经过消化处理以后的污水会分别从消化池底部和上部进行排出,针对产生的沼气主要从顶部排出来。在开展中温(30~36℃)和高温(50℃以上)发酵工作时,需要对发酵料液进行加热处理,操作时通常会采用蒸汽直接加热或者池外设置热交换器间接加热的方式。由于普通消化池最为突出的特点就是在池内实现厌氧发酵和液体污泥分离,因此要使进料与厌氧污泥进行充分接触,就要对搅拌装置进行设置,并每隔2~4h搅拌一次,在对消化液进行排放时需要停止搅拌,使清液从上部有效排出。这种厌氧工艺在城市污水处理中应用较多,通过兼性和专性厌氧菌发挥作用,可以将污水中的可生物降解有机物分解成二氧化碳、甲烷和水,COD去除率可以达到60%以上,并且不会产生二次污染问题<sup>[4]</sup>。

### 2. 厌氧接触反应器

通过厌氧接触工艺处理污水,所排出的混合液要先在沉淀池中进行固液分离,执行时可以对沉淀池、气浮处置等方式进行运用。当污水经由沉淀池上部排出以后,沉淀下的污泥就会回流到消化池,这样可以避免污泥出现流失情况,设备有机负荷率和处理效率也会得到提高。将之与厌氧消化池相比较,厌氧接触工艺使水停留时间大幅度缩短,沉淀池污泥不流失工艺流程也会变得更为稳定,污水有机物去除率可以达到85%以上。

### 3. 厌氧滤池

厌氧滤池(AF)处理污水,就是在反应器内充填各种固体填料,常见的有炉渣、卵石、塑料等。由于一些厌氧微生物附着生长在填料上形成了厌氧生物膜,另一些则在填料空隙间处于悬浮的状态,因此在污水流动过程中就可以与厌氧细菌填料进行充分接触,并在较短水力停留时间下获得较长污泥龄。实践应用生物固体浓度高、不需要污泥回流、运行管理方便等优势十分明显,不过污水悬浮物较多时容易出现堵塞、短路情况。这时候就可以采用中温、高温运行方式,实现对溶解性有机物较高污水的有效处理,整个过程要防止堵塞情况发生,就可以将厌氧生物滤池的填料床分为两层,上层为填料床,下层为悬浮污泥层,使之成为复合式厌氧生物滤池,在妥善解决堵塞问题的同时,提高实际污水处理效率<sup>[5]</sup>。一般认为,在温度等外界条件相同的情况下,厌氧滤池可高出厌氧接触法的2~3倍,COD去除率也能达到90%以上。

### 4. 升流式厌氧污泥床反应器

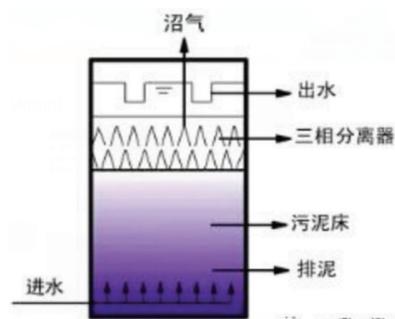


图1 UASB工艺流程图

通过升流式厌氧污泥床(UASB)工艺处理污水,需要将污水引入到UASB反应器的底部,待污水向上流过絮状或颗粒状污泥组成的污泥床以后,污水与污泥进行接触就会发生厌氧反应,并生成甲烷和二氧化碳。所引起的污泥床扰动,产生的气体一部分会附着在污泥颗粒上,并上升到反应器的顶部,当污泥颗粒上升撞击到脱

气挡板的底部以后，附着在污泥颗粒上的气泡也会释放，脱气以后的污泥颗粒则重新沉淀回到污泥层的表面。自由气体和释放气体会被收集在反应器顶部的集气室内，液体包含的一些剩余固体物和生物颗粒，则会进入到沉淀室内，并从液体中分离以后落到污泥层上面，具体工艺流程见图1所示。实际运用要实现对污水的有效处理，就要在污泥层上形成一个污泥悬浮层，并在反应器上设置三相分离器，使沉淀性能较好的污泥能够保留在反应器内，实现对污水有机物高效去除。

### 5. 厌氧折流反应器

厌氧折流反应器（ABR）是一种高效新型的厌氧污水处理技术。实际运用会在反应器中使用一系列垂直安装的折流板，通过将反应器分隔成串联的几个反应室，将这些反应室看作为相对独立的上流式污泥床系统，由此实现对污水高效地处理。需要被处理的污水在进入反应器内部以后，就会沿着折流板进行上下流动，依次通过每个反应室的污泥床，存在于污水中的有机基质也会在与微生物充分接触以后得到有效去除，通过折流板发挥阻挡作用，生物固体也会被截留在反应器内，并且促进污泥得到有效沉降。同时，由于折流板在反应器中形成了独立的隔室，因此每个隔室就可以根据进入底物的不同，对相适应的微生物群落进行有效培养，最终厌氧反应产酸相和产甲烷相也会得到有效分离。特别是在促进各隔室产生沼气单独排出以后，就可以避免出现气体相互混合情况，并实现对污水的快速有效处理，具体工艺流程见图2所示。与普通厌氧折流板反应器相比较，设备内污泥浓度提高了约5%~12%，COD去除率提高了约5%~10%，产气中甲烷气体体积分数在80%左右。

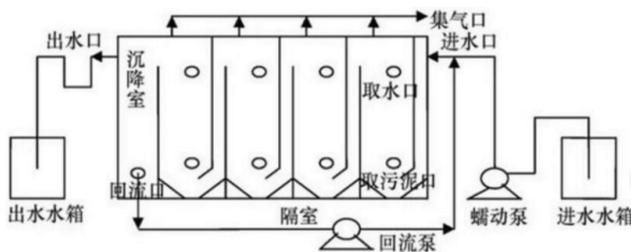


图2 ABR工艺流程图

### 6. 厌氧颗粒污泥膨胀床反应器

厌氧颗粒污泥膨胀床（EGSB）反应器实质上是对升流式厌氧污泥床（UASB）反应器的改进工艺。在较高上升流速下，颗粒污泥会处于悬浮状态，从而保证进水与污泥颗粒进行充分接触，实现对低浓度污水的有效处理。实际操作要对不同类型的厌氧颗粒污泥膨胀床反应器进

行合理选择，常见的有厌氧内循环反应器（IC）和厌氧升流式流化床反应器。前者可以看作是由两个升流式厌氧污泥床反应器单元相互重叠得到，通过在一个高的反应器内将沼气分离分成两个阶段，底部和上部分别处于极端高负荷和低负荷状态。后者起源于厌氧流化床，由于开展污水处理工作时会受到强烈水力和气体剪切作用，出现生物膜脱落的情况，因此在实际运行中通过将厌氧流化床转化成为厌氧颗粒污泥膨胀床运行方式，就可以在极高水、气上升流速下产生和保持颗粒污泥，实现对污水中有机物和COD的有效去除<sup>[6]</sup>。

### 7. 厌氧复合床反应器

厌氧复合床反应器（UBF）其实是将厌氧生物滤池（AF）与升流式厌氧污泥反应器（UASB）组合在一起形成的一种新工艺。在厌氧复合床反应器的下部，主要为污泥悬浮层，上部1/3体积处装有许多填料，可以看作是将升流式厌氧生物滤池的填料层厚度适当减小，并在池底补水系统和填料层之间流出一定的空间，方便处于悬浮状态的颗粒污泥可以在其中获得更好生长积累，又形成一个升流式厌氧污水处理工艺，助力污水处理工作更加高效运行。当污水从反应器底部进入以后，就会按照顺序依次经过颗粒污泥层和絮体污泥层发生厌氧处理反应，这时候从污泥层出来的水就会进入到滤料层实现气、液、固有效分离，并从顶部有效排出，对于收集起来的气体可以直接使用或贮存，整个过程有机物去除率可以达到85%以上。

### 8. 水解工艺和两阶段厌氧消化

这一工艺是水解酸化和两级厌氧消化的组合，将之运用到污水处理当中，可以实现对污水有机物、COD等物质的有效去除，最终排出水体水质也能达到排放标准要求。在水解酸化工艺反应过程中，大量微生物可以将进水中呈颗粒与胶体状的有机物进行迅速截留与吸附，并且这个物理过程耗费时间比较短，通常只需要几十秒就能进行完全。被截留下来的有机物吸附在水解污泥表面，能够被缓慢地分解，此时要注意有机物在系统中的停留时间会受到污泥停留时间的影响，并且在反应过程中微生物会分泌一些体外酶，当不溶性有机物被微生物细胞吸附以后，胞外酶与大分子有机物发生作用，使其发生物理化学特性上的变化，最终被分解成小分子有机物。由于这些小分子有机物能够溶于水，并透过细胞膜进入微生物细胞体内，在酶促反应作用下被转化成为更简单的化合物，最终释放到细胞以外。将该项工艺与两阶段厌氧消化工艺结合起来，就可以促使酸化和甲烷

化分别在两个串联的反应器中进行,产酸菌和产甲烷菌也能够在各自最佳环境条件下生长,在充分发挥各自活性的同时,提高容积负荷率和减少反应器容积,最终污水处理效果也会明显提高。

#### 四、结语

本文是对厌氧工艺在污水处理中实践应用的探究。随着社会生产和人们生活排放污水不断增多,对污水处理工作也愈发关注。虽然采用厌氧工艺对高浓度工业污水进行处理可以取得较好效果,但是在实际运用时依然会面临污染物质处理效率低、容易引发二次污染等问题。要妥善解决这些问题,就要对污水处理厌氧工艺进行深入探究分析,并在有效掌握厌氧消化池、厌氧滤池、厌氧折流反应器、厌氧复合床反应器等工艺流程及应用优势以后,根据污水实际情况采用合适工艺进行运用,执行时还可以将厌氧工艺与好氧工艺及其他污水处理工艺相互组合起来,以弥补单一工艺运用存在的缺陷,使

污水处理效率和质量得到进一步提高。

#### 参考文献:

- [1]章心会.厌氧—短程硝化—厌氧氨氧化系统处理生活污水的研究[D].东华大学,2022.
- [2]寅诗,旷阳,张求实.浅析厌氧工艺在污水处理中的作用[J].建筑与预算,2022,(09):25-27.
- [3]冀建平.厌氧—人工湿地组合工艺对生活污水的处理效果分析[J].山西化工,2022,42(03):279-280.
- [4]雷振.厌氧膜生物反应器处理市政污水的工艺特性及碳基介质强化机理研究[D].西安建筑科技大学,2022.
- [5]吴建春.浅谈厌氧生物处理工艺在污水处理工程实践中的应用[J].环境科学与管理,2022,38(04):103-105.
- [6]黄天寅,王烽圣,许晓毅,张书源,等.城镇污水处理厂改良厌氧/缺氧/好氧工艺的两种碳源补充途径脱氮效能比较[J].环境污染与防治,2022,44(06):777-781.

