

上海市治理三废技术小丛书

废水生化处理

上海市科学技术交流站主编



上海人民出版社

《上海市治理三废技术小丛书》之九

废 水 生 化 处 理

上海市科学技术交流站主编

上海人民出版社

《上海市治理三废技术小丛书》之九

废 水 生 化 处 理

上海市科学技术交流站主编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.75 字数 125,000

1975年8月第1版 1975年8月第1次印刷

统一书号: 13171·139 定价: 0.35 元

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

人民群众有无限的创造力。他们可以组织起来，向一切可以发挥自己力量的地方和部门进军，向生产的深度和广度进军，替自己创造日益增多的福利事业。

前 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，在批林批孔运动的推动下，本市治理三废工作取得了很大的成绩。但是，随着工业生产的迅速发展，还要做更多的工作。

在工业废水的污染方面，含酚废水和其他废水必须抓紧处理，以免影响人民生活，危害工农业和渔业生产。

几年来，在市委的正确领导下，各有关工厂和部门开展了一系列的三废处理和研究工作，并取得了不少成就。特别是生物化学处理方法已为本市一些工厂所采用，且被证明是比较有效、经济可靠的工业废水处理方法之一。一些新型的生化处理设备，如塔式生物滤池和生物转盘，也引起了有关部门和人员的注意。

但是，生化处理方法不同于一般物理、化学处理方法。它的应用对于多数工厂来说，毕竟是一种新事物。搞生产工艺和设备的同志需要生物学的知识，而搞生物化学的同志需要学习将生物学与生产结合起来的知识。战斗在治理三废第一线的广大工人群众迫切需要迅速掌握生化处理方法。

因此，我们在上海市有关治理三废主管部门的支持下，于1974年3~6月举办了《废水生化处理讲座》。分别由上海市政工程设计院、上海师范大学、上海化工学院、同济大学、上海焦化厂、上海第二化学纤维厂、上海第二印染厂、杨树浦煤气厂、上海化学工业设计院、上海织袜四厂等单位主讲。讲座期间受到本市和外地很多单位的热情鼓励和支持，特别是上海印染公司、上海自来水公司、上海第三毛纺厂、上海纺织科学

研究院等单位给了有力的帮助。本书就是在这一讲座的基础上经过各编写单位的同志反复修改补充而定稿的。由于我们工作中存在很多缺点,请广大工农兵提出宝贵意见。

上海市科学技术交流站

目 录

第一章	废水生化处理概述	1
第二章	活性污泥生物学	25
第三章	生物吸附法	54
第四章	完全混合法(表面曝气池)	69
第五章	高负荷塔式生物滤池	112
第六章	生物转盘	134
第七章	废水生化处理的控制与分析	150

第一章 废水生化处理概述

在自然界中,存在着大量依靠有机物生活的微生物,它们有氧化分解有机物的巨大能力。利用这种微生物来处理废水的方法叫做生物处理法,也叫生化处理法。其主要目的是去除废水中溶解的和胶体的有机污染物质。

一、废水的好气和厌气生物处理及生物法对废水水质的要求

(一)废水的好气和厌气生物处理

根据在处理过程中起作用的微生物对氧气要求的不同,废水的生物处理可分为好气生物处理和厌气生物处理二类。

好气生物处理是在有氧的情况下,借好气微生物的作用来进行的。在处理过程中,废水中的溶解性有机物质透过细菌的细胞壁为细菌所吸收,固体的和胶体的有机物先附着在细菌体外,由细菌所分泌的外酶分解为溶解性物质,再渗入细菌细胞。细菌通过自身的生命活动——氧化、还原、合成等过程,把一部分被吸收的有机物氧化成简单的无机物(如有有机物中的C被氧化成 CO_2 ,H和O化合成 H_2O ,N被氧化成 NH_3 ,P被氧化成 PO_4 ,S被氧化成 SO_4^-),并放出细菌生长、活动所需要的能量,而把另一部分有机物转化为生物体所必需的营养质,组成新的原生质,于是细菌逐渐长大、分裂、产生更多的细菌。图1-1可以简单地说明这个过程。

如果有机物含有氮、磷或硫,则氮、磷或硫将分别被氧化成硝酸盐、磷酸盐或硫酸盐。

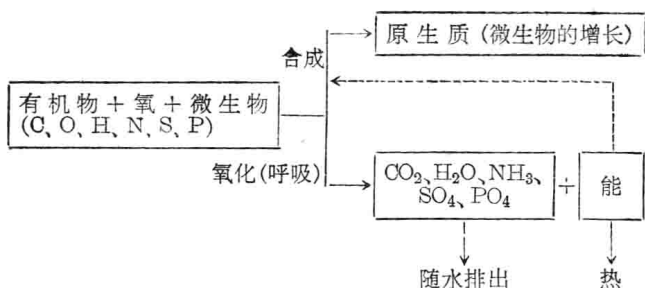


图 1-1 好气生物处理废水过程示意图

废水中能被细菌分解、氧化的有机物含量,可用生化需氧量(BOD)表示。BOD 表示生物氧化水中有机物所需的氧量,单位常用毫克/升表示。生化需氧量越高,表示水中有机物越多,也即表示水体的被污染程度越高。

生物氧化的整个过程一般可分为两个阶段。在第一阶段中,主要是有机物被转化成无机的二氧化碳、水和氨;在第二阶段,主要是氨被转化为亚硝酸盐和硝酸盐。因为氨已经是无机物,它的进一步氧化,对环境的影响较小。所以废水的生化需氧量通常只指第一阶段有机物生物氧化所需的氧量。当温度为 20°C 时,一般的有机物(生活污水)需 20 天左右的时间才能基本完成第一阶段的氧化分解过程。这就是说,要确定第一阶段的生化需氧量至少需 20 天左右,这在实用上是有困难的。所以目前都以五天作为测定生化需氧量的标准时间,因为这时所测得的生化需氧量(称五天生化需氧量,用符号 BOD_5 表示)已有一定的代表性。根据试验研究,一般有机物的五天生化需氧量约为第一阶段生化需氧量的 70% 左右。

废水中所含各种有机物氧化和合成的比例随有机物的性质和微生物的种类等而有不同。一般情况下,所产生的新的

细胞物质(原生质)约为所去除的 BOD_5 50~60%。

除醚类物质之外,几乎所有的有机物都能被相应的细菌氧化分解,即使是碳化氢这一类物质,在经细菌较长时间适应后,也能被用作某些细菌的食料,所以目前生物处理法被广泛地用于处理各种有机废水。

活性污泥法、生物滤池、污水灌溉和养鱼塘都是废水好气处理的方法。

厌气生物处理是在无氧的条件下,借厌气微生物的作用来进行的。图 1-2 简单地说明了有机物的厌气分解处理过程。从图中可以看出,当有机物进行厌气分解时,主要经历两个阶段:酸性发酵阶段和碱性发酵阶段。分解初期,微生物活动中的分解产物是有机酸、醇、二氧化碳、氨、硫化氢以及其他一些硫化物等。在这一阶段,有机酸大量积累, pH 值随着下降,所以叫做酸性发酵阶段,参与的细菌统称产酸细菌。在分解后期,由于所产生的氨的中和作用, pH 值逐渐上升,另一群统称为甲烷细菌的微生物开始分解有机酸和醇,产物主要是甲烷和二氧化碳。随着甲烷细菌的繁殖,有机酸迅速分解, pH 值迅速上升。这一阶段的分解叫做碱性发酵阶段。

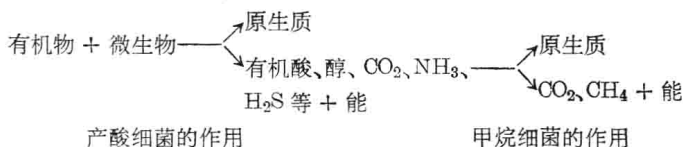


图 1-2 厌气生物处理废水过程示意图

用厌气法处理废水,所产生的甲烷气体可以利用;由于有硫化氢等具有异臭的挥发物质产生,所以废水发出臭气;由于存在硫化铁(废水中往往含有一些铁质,硫化氢与铁可形成硫化铁)等黑色物质,所以废水呈现黑色。因此在处理废水中,

厌气法是不常采用的，主要都用好气法。但厌气法常用作污泥处理(即污泥消化)，所用设备称作消化池。对于高浓度的有机废水(如屠宰场废水、酒精工业废水等 BOD 大于 5000~10000 毫克/升的废水)，如用好气法处理，由于不可能供应好气分解所需要的充足的氧，须先进行大量稀释，因而处理费用比较昂贵，故一般先用厌气法处理，再根据需要，用好气法进行后处理。

(二) 用生物法处理废水对水质的要求

根据细菌的生活特性，对于废水水质有如下几点要求，由于各种设备和废水情况不同，对于水质的要求也各不同，因此这里只是概要的提一下，具体情况由以后各章分别叙述。

1. pH 值

对于好气生物处理，pH 值应在 6~9 之间。活性污泥中的微生物经驯化后，对 pH 的适应范围较广，但在生产运转过程中，pH 不能突然变动太大，否则就会影响处理效果。

2. 温度

好气法处理废水，水温低至 10°C 或高至 50°C，还可有相当的处理效果，水温在 20~40°C 之间时，可以获得较好的处理效果。有些工业废水温度太高，在生物处理前应设法降温。

3. 养料

微生物的生长繁殖必须要有各种养料，其中包括碳、氮、磷、硫以及微量的钾、钙、镁、铁等和维生素。生活污水具有以上所列的全部养料，而有些工业废水可能缺乏氮和磷，须投加生活污水或氮、磷化合物(如硫酸铵、磷酸氢二钠等)。对于好气生物处理，BOD 与氮、磷养料的比例一般为：

$$\text{BOD:N:P} = 100:5:1$$

(氮、磷正确投加量应通过试验确定)。

4. 有毒物质

多数重金属,如锌、铜、铅、铬等离子有毒性。某些非金属物质,如酚、甲醛、氰化物、硫化物等也有毒性,能抑制其他物质的生物氧化作用,但它们本身却能被某些微生物所氧化。

毒物毒性的强弱随废水的 pH 值、溶解氧、温度,以及其他毒物的存在等因素的不同可有很大差异。另外,不同种类的微生物对毒性的容忍能力也不同。表 1-1 可供参考。

表 1-1 好气生物处理构筑物进水毒物的容许浓度

毒 质	容 许 浓 度 (毫克/升)	毒 质	容 许 浓 度 (毫克/升)
锌(Zn)	20	氨	100~1000
铜(Cu)	5~20	硝酸根(NO_3)	5000
铅(Pb)	1	硫酸根(SO_4)	5000
铬: 铬酸盐	5~20	醋酸根(CH_3COO)	100~150
氰(CN)	5~20	酚	100
硫(S)	10~30	甲醛	100~150
砷: 亚砷酸盐	5	丙酮	9000
砷酸盐	20	油脂	30~50
游离氯	0.1~1		

在处理过程中,如果逐渐提高有毒物质的浓度,则在一定程度上有可能使微生物适应这种环境而有效地完成其处理废水的任务。例如,用生物法处理含酚废水,进水中酚的容许浓度可从每升几十毫克逐渐增加到五、六百毫克。

5. 进水 BOD_5 浓度

生物处理构筑物进水 BOD_5 不宜超过 500~1000 毫克/升(视处理设备而定),因为进水的浓度高了,将增加生化反应所需的氧量,但废水的吸氧量有一定的限度,因而往往容易造成缺氧情况,影响生化作用,出水浓度也将增高,不能满足排放

要求。但是,进水浓度也不是越低越好,有机物浓度太低,微生物生长所需的养料也就少,这就有可能影响微生物的生长繁殖,因而降低处理效果。一般不宜低于100毫克/升左右。

生物处理是借微生物的作用来完成的,因此废水中必须含有足量的和适宜的微生物才能有效地进行处理。如工业废水中缺少微生物,可用生活污水、粪便或采取其他措施接种培养。投加生活污水或粪便还可供应微生物生长所需的养料。

二、生物过滤法概况

(一)生物滤池

生物滤池是通过挂在滤料表面的生物膜来处理废水的一种设备(图1-3)。废水通过布水器均匀地分布在滤池表面上,滤池中装满了石子(即为滤料),废水沿着滤料的空隙从上向下流动,到池底进入集水沟、排水渠,并流出池外。在生物滤池的滤料表面上覆盖着一层粘膜,这层粘膜上长满了各种各样的微生物,因此被称为生物膜。废水得到净化主要依靠了滤料表面的生物膜对废水中有机物的吸附氧化作用。

废水通过滤池时,滤料截留了废水中的悬浮物质,并把废水中的胶体物质吸附在自己的表面,它们中的有机物使微生物

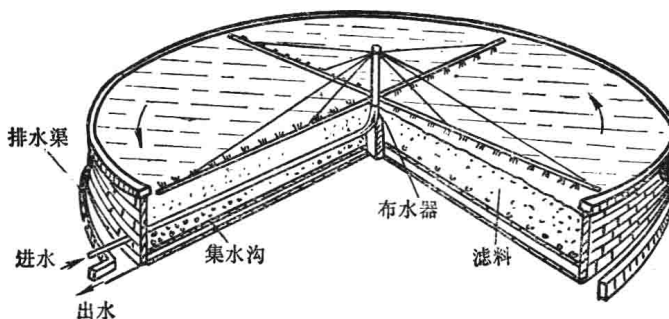


图1-3 生物滤池

物很快繁殖起来,这些微生物又进一步吸附了废水中呈悬浮、胶体和溶解状态的物质,逐渐形成了生物膜。生物膜主要由细菌的菌胶团和大量的真菌菌丝组成,其中还有很多原生物和较高等的动物生长。对于不同的废水、不同的工作条件,不同的气候情况和不同的滤池深度,生物膜上微生物的种类和数量很不相同,因此它的颜色也各不相同。

生物膜不仅具有很大的表面积,能够大量吸附废水中各种状态的有机物,而且具有很强的氧化能力。当滤池通风良好,滤料空隙中有足够的氧时,它们就能够分解所吸附的有机物质。生物膜上的好气微生物以废水中的有机物为食料,并通过自身的生命活动,使一部分有机物得到氧化而分解为无机物。氧化过程中放出的能量供给了微生物生长的需要;另一部分有机物则用来合成新的原生质,使微生物的机体不断增长和繁殖,这也就增加了生物膜的数量。由于生物膜上微生物的死亡、老化,以及滤池中某些动物(如灰蝇的幼虫)的活动,生物膜将会从滤料表面上剥落下来,然后随着废水流出池外。因此在生物滤池的工作过程中,生物膜并不是一成不变的,而是在不断生长,不断脱落,不断更新着的。

生物滤池在平面上一一般呈方形、矩形或圆形,它的主要组成部分包括:滤料、池壁、排水系统和布水系统。

一般,滤料的表面积越大,微生物就繁殖得越多。较小颗粒的滤料具有较大的表面积,但颗粒间的空隙也会相应地减小,这又会影响通风,对滤池工作不利。长时期来,生物滤池都采用碎石、卵石、炉渣、焦炭等作滤料,并且认为在滤池内采用比较均匀的滤料粒径在 25~100 毫米之间为宜。近年来,开始在生物滤池中应用塑料滤料。其中有的是波形的塑料板,有的是多孔的筛状板,原料有聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚酰

胺等多种。塑料滤料的特点是：单位体积滤料的表面积和空隙率都比一般滤料大大增加，有的滤料表面积可达 $100\sim 200$ 米²/米³，滤料空隙率可达 $80\sim 95\%$ ，这就使滤池的通风情况大大改善，处理能力也大大提高了。塑料质轻，为采用深度较大的塔式滤池创造了有利条件。塑料耐腐蚀的性质好，在处理工业废水时也是有利的。

池壁在生物滤池中只起围挡滤料的作用，可以用砧或毛石砌筑而成，也可以用混凝土浇制。

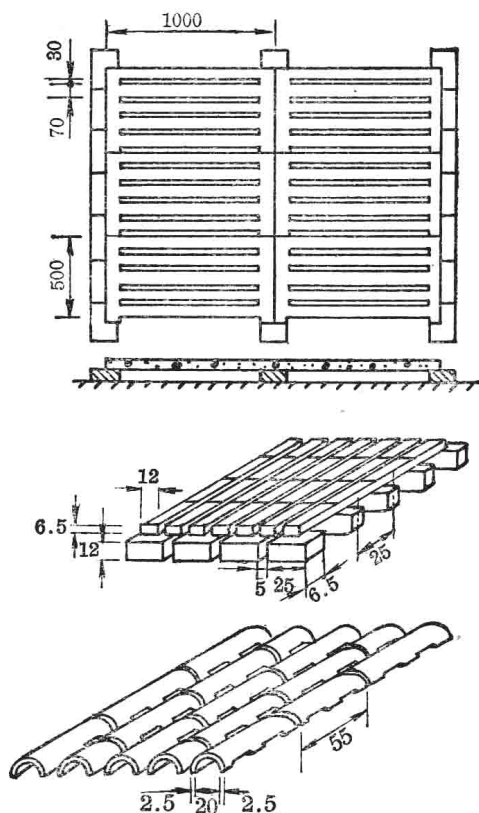


图 1-4 生物滤池排水系统的渗水装置

滤池底部的排水系统除了排除处理后的废水之外，还有支承滤料及保证滤池通风的作用，它包括渗水装置、集水沟及排水渠。常用的渗水装置有：①架在混凝土梁或砧基上的穿孔混凝土板；②砧砌的渗水装置；③利用半圆形的陶土管，并在边棱上留出凹孔供通风及排水之用(图 1-4)。

生物滤池的布水系统很重要。只有在滤池的表面上均匀地分布废水，才能充分发挥每一部分滤料的作用，提高滤池的工作效率。布水系统有间歇喷洒式(利用虹吸作用)和旋转式布水器二种。前者布水不够均匀，而且不能连续不断地冲刷生物膜，以防止滤池的堵塞，所需水头也较大，后者现在采用较多。

目前生产中应用最多的有两种不同的生物滤池，即普通生物滤池(低负荷生物滤池)和高负荷生物滤池。

表 1-2 两种生物滤池的工作指标

名 称	水力负荷, q (米 ³ /米 ² ·日)	有机物负荷, N (克 BOD ₅ /米 ² ·日)	有机物去除百分数, E (%)
普通生物滤池	1~5	150~300	85~95
高负荷生物滤池	9~40	500~1000	75~90

注：有机物去除百分数指初次沉淀池、生物滤池及二次沉淀池去除有机物的总百分数。表中所列数字是以生活污水为标准的，滤料用石子。

生物滤池能适应很多种不同性质的工业废水，在应用生物滤池处理工业废水时，还需要考察它去除废水中某些有毒物质(如酚、醛、氰等)的能力，因此必须采用毒物负荷这个指标，即单位体积滤料可以去除的有毒物质数量。

生物滤池的主要优点是：运行费用比较少，管理也比较简单；缺点是处理效率和卫生条件不及活性污泥法。

(二)塔式滤池

塔式滤池的直径小，高度大，一般直径与高度的比为

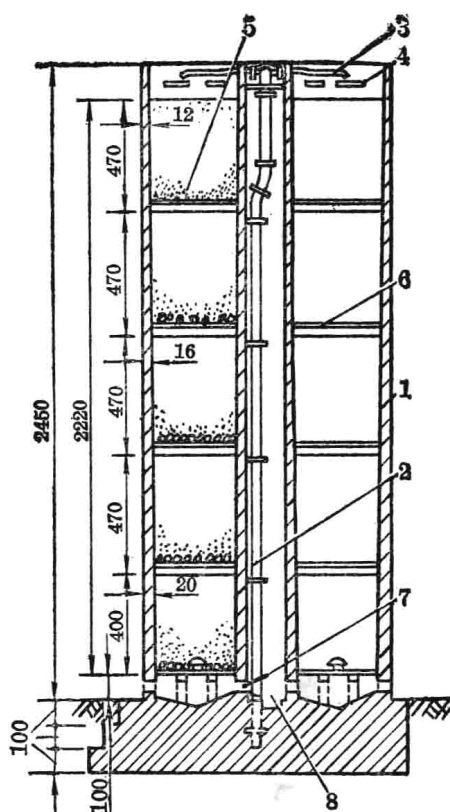


图 1-5 塔式滤池构造图

1—塔体 2—进水管 3—布水器 4—溅水盘 5—炉渣滤料
6—中间筛状隔板 7—通风口 8—排水渠

1:6~1:8, 高度达8~24米。内部填装滤料有炉渣、矿渣以及纸蜂窝、塑料波纹板等。可将塔身沿高度分成几层, 每层设置格栅, 承担滤料重量(图1-5)。

塔式滤池的水力负荷高达 $80\sim 200\text{米}^3/\text{米}^2\cdot\text{日}$, 比一般高负荷生物滤池提高5~10倍; 有机物负荷可达 $2000\sim 3000\text{克}/\text{米}^3\cdot\text{日}$, 也比高负荷生物滤池提高了2~6倍。它能达到