

# 活性污泥法概述

李 汉 昭 编

中国建筑工程出版社

# 活性污泥法概述

李汉昭 编

中国建筑工业出版社

本书主要内容包括：活性污泥法机理、工艺流程、常用曝气法、各种曝气池的设计计算、污水处理厂设计中的一些问题以及运转管理等。

本书可供给水排水专业设计人员及污水处理厂运行管理人员参考。

## 活 性 污 泥 法 概 述

李 汉 昭 编

\*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

\*

开本：787×1092毫米1/32 印张：5 1/8 字数：113千字

1977年5月第一版 1977年5月第一次印刷

印数：1—7,280册 定价：0.34元

统一书号：15040·3354

## 前 言

目前，我国许多地方采用活性污泥法来处理生活污水和工业废水，效果良好。无产阶级文化大革命以来，在毛主席的无产阶级革命路线指引下，广大职工通过生产实践在这方面积累了丰富的经验。本书主要是根据各地的经验，并适当地吸收了一部分国外资料，加以汇编的。

限于水平，难免有错误之处，欢迎广大读者提出批评意见。

编 者

1976年6月

# 毛主席语录

用心寻找当地群众中的先进经验，  
加以总结，使之推广。

一个正确的认识，往往需要经过由  
物质到精神，由精神到物质，即由实践  
到认识，由认识到实践这样多次的反  
复，才能够完成。

独立自主、自力更生。

# 目 录

第一章 概论.....	1
一、机理.....	1
二、基本工艺.....	4
三、活性污泥的增长曲线.....	5
第二章 常用曝气法.....	8
一、普通曝气法.....	9
二、渐减曝气法和逐步曝气法.....	10
三、吸附再生曝气法.....	11
四、完全混合曝气法.....	12
五、延时曝气法.....	14
第三章 曝气池设计计算.....	15
一、曝气时间和曝气池容积.....	15
二、曝气池负荷.....	19
(一) 污泥浓度.....	19
(二) 污泥负荷.....	21
三、曝气池内污泥平衡.....	33
(一) 回流污泥量.....	33
(二) 剩余污泥量.....	35
四、需氧与供氧.....	38
(一) 需氧量.....	38
(二) 供氧量.....	43
五、水温.....	53
六、营养.....	56
七、工业废水处理.....	57

(一) 基本条件 .....	58
(二) pH值 .....	59
(三) 有毒物质 .....	62
(四) 稀释水 .....	65
八、二次沉淀池 .....	65
<b>第四章 完全混合曝气池 .....</b>	<b>70</b>
一、合建式完全混合曝气池 (曝气沉淀池) .....	70
(一) 常用池型 .....	70
(二) 几个构造细部问题 .....	75
(三) 合建式完全混合曝气池尺寸 .....	78
二、分建式完全混合曝气池 .....	88
(一) 廊道式曝气池 .....	88
(二) 圆形和方形 (矩形) 曝气池 .....	91
(三) 分建式曝气池设计 .....	94
三、合建式和分建式比较 .....	98
四、二次沉淀池 .....	99
五、特种曝气池 .....	100
(一) 接触氧化池 .....	100
(二) 旋流式曝气池 .....	103
(三) 深层曝气池 .....	104
(四) 氧气曝气池 .....	107
(五) 曝气湖 .....	108
<b>第五章 充氧设备 .....</b>	<b>110</b>
一、鼓风曝气 .....	110
(一) 扩散板 .....	110
(二) 多孔管 .....	111
(三) 竖管 .....	112
(四) 浅层曝气 .....	112
(五) 涡轮 .....	114

二、表面曝气 .....	114
(一) 原理 .....	114
(二) 平板形叶轮 .....	115
(三) 泵形叶轮 .....	117
三、鼓风曝气和表面曝气比较 .....	127
第六章 污水处理厂设计中的一些问题 .....	129
一、调节池和缓冲池 .....	129
二、水量计算 .....	130
三、进厂管道 .....	131
四、技术措施 .....	131
第七章 曝气池运转管理 .....	133
一、培菌和驯化 .....	133
二、活性污泥 .....	143
(一) 污泥膨胀 .....	143
(二) 污泥上浮 .....	144
三、监测项目 .....	145
四、注意事项 .....	146
附：名词解释 .....	150



# 第一章 概 论

## 一、机 理

活性污泥法在污水处理中占有重要地位，除用于城市污水处理外，也成功地用于炼油、石油化工、合成纤维、焦化、煤气、木材防腐、绝缘材料、合成橡胶、有机磷农药、纺织印染、造纸等工业废水处理。

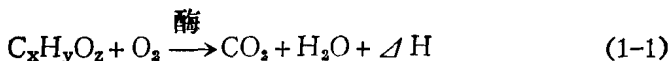
污水处理按处理程度一般分为初级处理、二级处理、三级处理（深度处理）三个等级。初级处理是去除可沉降的悬浮物质、悬浮油类和酸碱等物质；二级处理是去除可降解的溶解性和初级处理没有去除的悬浮、胶体有机物质；三级处理是去除不可降解的有机物质和溶解性的无机物质。活性污泥法和其他生物处理法都属于二级处理。活性污泥法是二级处理中处理效果最高又比较成熟的方法，尤其对大水量的污水处理。

工业废水成分复杂，各有其特殊性，采用活性污泥法处理，在设计参数和处理措施上往往和城市污水不同。活性污泥法只能去除可降解的有机物质（通过生物化学活动，改变其化学或物理性能），不是所有的有机工业废水都可以用这个方法。一般可用工业废水的化学需氧量（重铬酸钾法即  $COD$ ）和五日生化需氧量（ $BOD_5$ ）的比值作初步判断工业废水用生物处理法的可能性。重铬酸钾法化学需氧量可以代表污水中全部有机物质和无机还原物质的总量，五日生化需氧量相

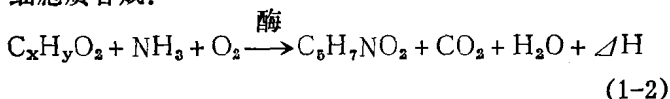
当于70%可以被生物氧化的有机物质含量， $\frac{BOD_5}{COD}$ 值能达到0.7，工业废水中的有机物质基本可以去除；比值愈小愈难处理，若比值小于0.2就难以用生物处理法。有的介绍用污水四小时高锰酸钾值（*PV*）和污水五日生化需氧量的比值来判断。生活污水的五日生化需氧量通常为四小时高锰酸钾值的三至五倍，含有抑制性的工业废水中，其比值就降低，若低于三培就较难处理，大于七倍极易处理。

活性污泥法是好气菌氧化分解污水中的有机污染物质。微生物以污水中的有机污染物质为食物，在有氧的条件下，将这些不稳定的需要消耗氧的物质，转化为不再消耗氧的无机物质，最终的主要产物是二氧化碳和水。所谓活性污泥，就是微生物植物群、动物群和吸附的有机物质、无机物质的总称。这些微生物中，有原生动物、细菌、藻类……等。污水中溶解的有机物质是渗透过细菌胞膜吸收固体和胶体的有机物质，是经过细胞分泌的酶分解成溶解性物质，再渗透入细胞。原生动物对细小的悬浮体和胶体物质如活的和死亡的细菌、淀粉颗粒、小滴乳化油脂等，能直接消化和分解。通过微生物的新陈代谢（分解代谢和合成代谢），将有机物质分解氧化，同时又合成新细胞质，并产生一种多糖类的粘质物，使细胞互相粘着形成活性污泥绒体，其外观和水质净化时投加混凝剂形成的矾花相似。在沉淀的过程中，污水中的悬浮物也被吸附去除。若污水中的有机污染物质除尽了，微生物再没有供新陈代谢的基质，在供氧条件下，细胞就氧化了它本身的组织。这一系列的有机物质氧化、新细胞合成、细胞质氧化的过程，可以用下列反应式表示：

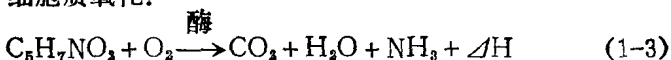
有机物质氧化:



细胞质合成:



细胞质氧化:



$C_xH_yO_z$  代表微生物可利用的基质, 基质是多种多样的, 一般概括地用生化需氧量表示数量。

$C_5H_7NO_2$  是活性污泥的分子式。目前还很难精确计算活性细胞数量, 由于微生物是固相, 就常用混合液的悬浮固体 (即  $MLSS$ ) 中挥发固体 (即  $VSS$ ) 的重量假定近似的等于活性细胞数量, 但在工程应用上, 往往还是用悬浮固体重量。两者不同之处是悬浮固体中有一部分无机物质, 挥发固体接近于实际情况。但还是有一些非活性物质 (如纤维), 灰分中含有多价金属的氢氧化物在烧灼时形成氧化物, 其减量也被作为挥发性的有机物质。在一般情况下, 活性污泥中挥发固体在悬浮固体中大体上有一定的比例, 两者可以互相换算, 如生活污水处理的活性污泥中挥发固体约为悬浮固体的 60~80%, 工业废水中若纯化学物质较多, 还会大于此值。用悬浮固体虽比较粗略, 但采用较普遍。

活性污泥法处理污水大体有三个阶段: 第一阶段, 是污水和活性污泥接触后, 有机污染物质被吸附并有一部分氧化; 第二阶段, 是有机污染物质被氧化 (即活性污泥再生); 第三

阶段是硝化（氮化合物氧化）。一般情况只考虑一、二阶段，只在有特殊要求时（如排往水体较小的渔场）才考虑第三阶段。

## 二、基本工艺

活性污泥法的主体构筑物是曝气池，也常称曝气法，基本工艺流程如图1-1。

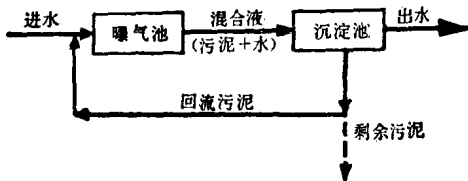


图1-1 活性污泥法基本工艺流程

曝气系统工艺流程说明如下：

(1) 污水进池后和活性污泥混合，曝气池中要连续不断供给空气（或氧气）。曝气过程中，一方面是将空气中的氧转移到混合液内，因为只有溶解于水的氧才能为好气菌利用，另一方面活性污泥要维持呈悬浮状态，并使它与有机污染物充分接触，进行吸附氧化过程。

(2) 有机污染物在曝气池中经氧化分解后，混合液出流到沉淀池（为了与初次沉淀池相区别，称二次沉淀池），这里又需要很稳定的条件，使泥、水分离。

(3) 二次沉淀池中的污泥，一部分作为种子污泥回流到曝气池，使微生物在曝气系统中连续地新陈代谢，并维持曝气池内污泥浓度，回流污泥是周而复始地连续运行。增长的污泥量称为剩余污泥，排出曝气系统。

近代曝气池技术的发展，出现很多种工艺流程和池型，

其基本原理都是相同的。

曝气系统也是一种连续发酵法的形式，但是它又和一般工业发酵有所区别，它是多种生物混合培养，不是合成生成物，而是一种细菌分解的生成物为另一种细菌的基质，使之再进一步分解，直至比较彻底的氧化分解污水中的有机污染物质。

要使曝气系统取得良好效果，设计和运转上，要处理好基质负荷、需氧与供氧、污泥浓度和回流污泥量的几个平衡关系，要努力提高活性污泥对基质摄取能力、氧的利用率、动力效率、二次沉淀池的负荷和简化运转管理等项的工作。

### 三、活性污泥的增长曲线

活性污泥法是利用微生物氧化分解污水中的有机污染物质，因此其规律和一般微生物增长规律是相同的。图 1-2 是活性污泥增长和基质浓度变化曲线。

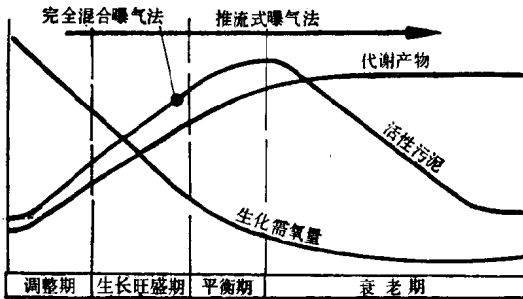


图 1-2 活性污泥增长和基质浓度变化曲线

活性污泥增长一般可分为四段：

第一段是调整期(适应期)。细菌一般不分裂或少分裂，

仅是细菌体增大，也有一部分因不适应新的环境而死亡。调整期一般是在活性污泥驯化阶段或污水水质有了变化，微生物对处理的水质还不适应，一部分微生物自然淘汰，适应的繁殖，细菌逐步形成产生和增加适应新环境的酶，以利用环境中的营养物质。活性污泥处于高度内呼吸阶段后，也有一段调整期才恢复净化能力。

第二段是生长旺盛期(对数期)。这个时期细菌分裂速度增加，生长速度达到最高峰，细菌总数也达到最高峰，分裂一代所需时间最短，新陈代谢能力最强，细菌数目按几何级数增加 ( $a \rightarrow 2a \rightarrow 2^2a \rightarrow 2^3a \rightarrow 2^4a \rightarrow \dots \rightarrow 2^na$ )，活性污泥对有机污染物质的负荷也较大。这个时期，细菌数目的对数与时间在半对数纸上成直线关系，因此也称对数期。高负荷活性污泥法是处于生长旺盛期，维持在此段运转，需要较高的污水浓度。此时，活性污泥凝聚性能较差，呈分散状态，有较多的游离细菌，沉淀效果不好，虽能够去除污水中大部分的有机污染物质，但不彻底，也会产生大量剩余污泥。

第三段是平衡期。环境里的基质已逐渐用尽，代谢产物(即细菌生活过程中的分泌物质)的积累对细菌生长起了抑制作用，开始有细菌死亡，细菌繁殖速度下降，分裂时间加长，虽然仍有新分裂细菌，但总数不会增加，保持活菌数的动态平衡，普通曝气法是处于平衡期，基本上去除了污水中的有机污染物质。此段的泥水易于分离，沉淀效果较好。

第四段是衰老期。环境中的基质已用尽，代谢产物越来越大，造成细菌大量死亡，死菌数超出繁殖出来的菌数，菌体内的贮藏物质甚至体内的酶均作营养物质来利用，也就是达到内呼吸阶段。低负荷活性污泥法(延时曝气法)是处于衰老期，微生物缺少可用的营养物，细胞缓慢地氧化了它本

身的组织，因此，剩余污泥量少。

以上只是活性污泥增长过程的一般情况。活性污泥是多菌种的微生物混合群体，污水的水质和池型、运转参数也各具特点，过程曲线的形式也可能不相同。如进水是低浓度的污水，在污泥浓度较高的环境中可能不存在生长旺盛期，而且平衡期也很短。活性污泥中积有抑制物质时，虽然进水浓度较高，也可能有较长的平衡期。

## 第二章 常用曝气法

普通曝气法的工艺流程，见图 1-1。这种曝气法曾得到广泛地采用，经过长期实践，认为处理污水是行之有效的，但也还有些缺点，尤其是水质成分复杂含有抑制物质的工业废水，用普通曝气法可能不适应。此此，从对水质的适应性、微生物活动、运转管理、技术经济等方面又发展成多种池型。曝气池的池型虽多种多样，但大体可分为两种类型：一种是曝气池的形式基本不变，只是改变了运转方式或组合；另一种是对曝气池的池型作了改进。改变运转方式或组合的曝气池，如渐减曝气法、逐步曝气法、吸附再生曝气法、两级曝气法（两座曝气系统串联运转）、活性曝气法（两座曝气系统并联运转）、短程曝气法、有再生池的曝气法（再生池的作用只是恢复回流污泥的活性，不是像吸附再生曝气法那样还要氧化吸附的有机物质），有些还在再生池中投加硝化污泥或上层液（国外称为克劳斯和郝飞特曝气法）等；这类形式的共同特点是，污水运转流程是沿池长推进，污水中的有机污染物质的去除和需氧率也是沿池长降低，根据处理的要求和运转方式，在图 1-2 上对照看，微生物在增长曲线上是完成一个生长周期或其中的一段；这类池子运转的特点是，污水和回流污泥一般是从池子前端入池，沿池长从池子末端出流，故称为推流式。曝气池池型作了改进的，如各种形式的完全混合曝气法；这类形式的共同特点是，污水进池后很快和全池混合液混合，池内各点的需氧率在理论上是均匀



的，根据负荷的不同，在图 1-2 上对照看，微生物的工作条件在增长曲线上是相对某一点。还有一些新型曝气法，如深层曝气、纯氧曝气、有填料的接触氧化等曝气法，还有低负荷的曝气湖和氧化沟等。现将常用的几种曝气法介绍如下：

### 一、普通曝气法

这种曝气法是最早的形式，也称传统曝气法，工艺流程如图 1-1。污水和回流污泥是从池首端入池，呈推流式至池末端出流。污水净化过程中的第一阶段吸附和第二阶段的污泥再生是连续进行的。进口端有机物质浓度高，沿池长降低，需氧率也是沿池长降低，见图 2-1。

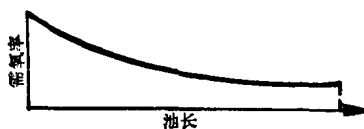


图 2-1 普通曝气法的需氧率变化曲线

从图 2-1 看，活性污泥从上升阶段到平衡期进入衰老期，达到了内呼吸阶段。有的通过试验认为，进水浓度较低时，进口端处于增长率下降阶段；进水浓度较高时，处于上升阶段。沿池长生化需氧量值下降到水平段，活性污泥几乎经过了一个生长周期，污水中的有机污染物基本除尽，处理效果较高。缺点是，进水浓度尤其是有抑制物质浓度不能高，不适应冲击负荷，也不太适用于某些工业废水处理；另外，由于池后段的需氧率低，就需要较长的曝气时间，池容积负荷不高，同时，排放的剩余污泥也在池内完成了再生过程，消耗动力。