

活性污泥工艺操作手册

〔美〕R·琼金斯等著

中国环境科学出版社

71703/3

活性污泥工艺操作手册

〔美〕R·琼斯等 著

刘必琥 译

中国环境科学出版社

1989

内 容 简 介

本书是一本“操作人员写给操作人员”的书。主要内容包括：活性污泥工艺原理、操作因素，改进型工艺、监测技术、操作控制、故障排除、开车启动等。书中每小节都冠以醒目的小标题，便于读者查找。

本书适于广大水处理工作者，有关工艺的操作管理人员阅读，尤其适合于具有中等文化水平的操作工人参考。

R. Junkins K. Deeny T. Eckhoff
THE ACTIVATED SLUDGE PROCESS:
FUNDAMENTALS OF OPERATION
Ann Arbor Science 1983

活性污泥工艺操作手册

[美]R. 琼金斯等 著

刘必琥 译

责任编辑 王晓民

*

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

中国文联印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1989年2月第 一 版 开本 787×1092 1/32
1989年2月第一次印刷 印张 3.5 插页 1
印数1—2000 字数 78.6千字

ISBN 7-80010-243-2/X.172

定价，1.10 元

译者说明

《活性污泥工艺操作手册》一书系美国 Ann Arbor 科学出版社1983年出版的一套废水处理丛书中的一分册(原书名为“ The Activated Sludge Process: Fundamentals of Operation”)。本书的三位作者均系美国宾夕法尼亚州迈斯顿设计咨询公司有关废水处理厂操作运行方面的专家。这是一本专为活性污泥废水处理厂操作及管理人员编写的指导教材,可供从事环境保护及废水处理工程技术人员参考。

全书简明扼要,深入浅出,条理清楚,每小节都冠以醒目的小标题,便于读者查找有关内容;所以本书既可以作为操作手册使用,也适合作为操作人员的培训教材。

原书采用美制计量单位,现将部分单位换算成了公制单位,并在书后加了本书常用的美制单位与法定计量单位换算表。原书中有些不够明确的地方,译者作了相应的修正。

本书承蒙南京市环保局卢复中高级工程师审阅,特表谢意。在翻译过程中得到汪萍同志的协助,也谨表感谢。

限于译者水平,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

译者

1987.12

(CAGW) 05/

前 言

本书是作者25年多来从事废水处理设施操作经验的总结。书中的资料来源于以下几个方面：长期的工作实践、同废水处理厂操作人员的交谈、作者参加大量工程设计的经验、操作工人培训教材和作者自己的研究成果。书中许多操作控制参数来自过去十多年积累起来的处理厂操作记录和操作人员培训教程。

多年来，已有过许多有关活性污泥污水处理工艺操作方面的著作。本书的独特之处在于：这是一本由工程师写给操作工人看的书。作者试图将他们在实际操作过程中获得的经验与现代文献中的信息结合起来，编成一本内容丰富而简明扼要的操作手册。这是一本操作人员奉献给同行们的书。书中内容是污水厂操作人员和管理人员为实用目的而编撰的。它也可以作为高等学校学生的参考书。

本书介绍了活性污泥工艺的基本概念，作者力求以简单的术语描述废水处理设施的操作技术。污水处理厂全面采用这些操作技术就能够自始至终实现最佳操作。最近的一份联邦政府报告指出：在美国，许多废水处理厂的出水水质达不到国家制定的排放标准，主要原因之一是处理厂操作人员缺少有关知识和可靠的操作技术。作者多次注意到，绝大多数认真积极的操作者都受到过很好的训练，他们对自己的工厂有很深刻的见解，这反映在他们的操作技术和废水处理效率上。由此我们感到：提高废水处理厂处理效率的关键在于提高操作人员的业务水平。我们希望本书能够帮助操作者改善他们的污水处理厂的操作状况。对工程师们来讲，帮助他们去

提高废水处理设施设计的可操作性；对学生们来讲，帮助他们更多地了解污水处理厂的操作技能。

R. 琼金斯

K. 迪尼

T. 埃克霍夫

目 录

第一章	引 言	(1)
第二章	工艺机理	(3)
2-1	活性污泥方法的基本机理	(3)
2-2	活性污泥的形成	(8)
2-3	微生物的成长	(10)
2-4	微生物的分类	(12)
2-5	固体的分离和回流	(14)
第三章	影响操作的要素	(15)
3-1	原废水的强度	(15)
3-2	营养物质	(16)
3-3	溶解氧	(16)
3-4	停留时间	(17)
3-5	pH 值	(17)
3-6	毒物	(18)
3-7	温度	(19)
3-8	混合	(20)
3-9	水力学性能	(21)
第四章	改进型活性污泥法	(22)
4-1	推流式活性污泥法	(22)
4-2	完全混合式活性污泥法	(23)
4-3	接触稳定式活性污泥法	(23)
4-4	延迟曝气式活性污泥法	(25)
4-5	其它改进型活性污泥方法	(25)
第五章	处理过程中的监测技术	(29)
5-1	感观指标	(29)
5-2	分析项目	(33)

第六章	操作控制	(46)
6-1	污水厂的负荷	(46)
6-2	食料量/微生物数量的比值 (F/M)	(46)
6-3	污泥龄(平均细胞停留时间)	(49)
6-4	污泥排放率的控制	(51)
6-5	污泥回流率的控制	(52)
6-6	化学药剂投配率	(53)
第七章	故障排除	(64)
7-1	概述	(64)
7-2	一般的故障排除技术	(64)
7-3	典型的操作问题	(67)
7-4	故障例证	(79)
7-5	故障判别的模式	(81)
第八章	开车启动	(82)
8-1	概述	(82)
8-2	启动前的准备工作	(83)
8-3	启动	(91)
8-4	典型的启动问题	(101)
附录	本书常用单位与法定计量单位的换算关系	(104)

第一章 引 言

操作人员需要进行很好的训练

随着进一步强调保护我们的环境，改进河川的水质，对污水处理厂进行有效管理比以往任何时候都受到重视。

美国环保局进行的一项研究指出，如今30~50%的城市污水处理厂通常不能满足全国污染物排放系统制定的排放标准，而且所引证的前五种原因的四种归结于污水厂运行管理情况差。的确，要求对污水处理厂操作人员进行良好的训练是很必要的。

污水厂处理效率取决于操作者的水平

过去常常讲污水处理厂的处理效率实际上仅取决于操作人员的技术技能。这种道理当然是正确的，但不能过分强调，虽然越来越多的处理设施正在使用计算机系统进行自动监测和单元操作控制。不过从根本上说，污水处理厂的有效运行仍然依靠操作人员每天适时的决断和调整。

本书介绍了如何管理活性污泥处理厂

通常可以获得许多种废水处理技术，这些技术包括物理-化学方法和生物方法。如今最普遍采用的和最有效的废水处理方法之一是活性污泥方法。本书打算以简明易懂的手法，展示出活性污泥方法的基本原理，描述能够有效地完善活性污泥功能的操作技术。本书以组织对读者有用的参考文献的形式编写。按照污水厂操作和维护保养的顺序，帮助读者进行活性污泥系统的日常操作。与操作无关紧要的内容限于最小限度。本书着重点主要放在介绍适合活性污泥厂操作所需

要的资料，希望能对工业废水或城市污水处理厂的管理人员起到特别的作用，向他们提供活性污泥工艺基本原理及操作管理知识。

这是一本由操作人员写给操作人员的书

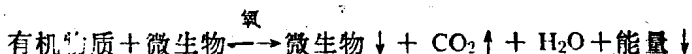
本书的内容包括处理工艺机理；影响操作的因素；各种处理工艺类型；处理过程中的监测方法；操作控制过程；故障排除及污水厂的启动开车事项。希望本书能成为读者了解和掌握活性污泥操作方法的有用工具。

第二章 工艺机理

2-1 活性污泥方法的基本机理

活性污泥方法是一项处理废水的生物学技术

活性污泥方法早在1900年前由两个英国人开创。这个废水处理过程由在富氧环境中的微生物加上有机物质组成。这种生物过程与出现在含有大量的微生物的表层土壤中的微生物活动过程非常相似，只不过活性污泥过程中微生物处在一个受到控制的液相环境中。活性污泥过程中的基本历程由下面的生物反应所示。



污染物质被微生物去除，后者沉淀后排出废水

污染物去除过程包括：微生物（普通的如细菌）利用复杂的有机物作为食物源，繁殖出更多的微生物；这些微生物最终沉淀排放，同时产生出散布到大气中的二氧化碳气体，作为最终排放物而留下的水、以及供微生物维持生命系统（即繁殖、消化、迁移）所需要的能量。简言之，出现在废水中的有机污染物被转化成微生物的原生质，后者随后又从废水中沉淀出来。

生物过程是个累积的过程

微生物分解复杂的有机物质的过程是一个累积的过程，含有有机物质的废水在溶解氧的存在下与微生物充分混合，

使微生物分解复杂的有机物。最初，一些微生物吞食具有复杂结构的有机物质的一部分，另外一些生物群体则吞食剩余的部分。微生物吸收有机物质的同时，也利用了溶于废水的氧气。

一些微生物利用其它微生物的废弃物作为食料源

最初的微生物通过自身的细胞壁吸收了部分有机质，然后加以消化，产生出一定量的废弃物，这些废弃物又被其他微生物当作食料，这样依次循环。这种累积的生物降解过程继续下去，直到复杂的有机物质完全被生物群体分解吸收。生物降解过程参见图 2-1。

微生物消耗有机物质，利用氧气产生更多的微生物

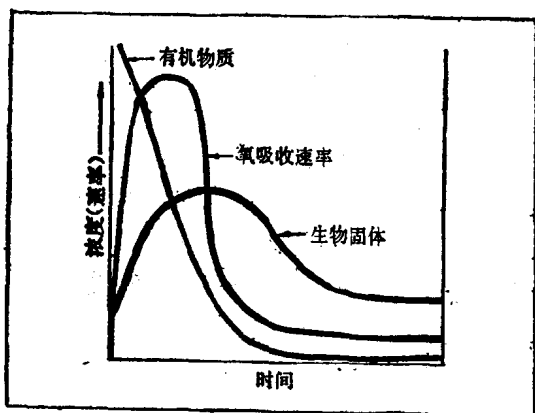


图2-2 间歇式活动污泥系统内同时发生的反应

图 2-2 展示了同时发生在活性污泥过程中的基本反应曲线，并描绘了一个间歇处理系统的情况。最初，原废水中的有机物浓度非常高，而微生物浓度和氧气利用率则非常低。不过，微生物一旦开始分解和吸收有机物质，微生物就利用氧气产生出更多的细胞物质，随后氧气吸收率和系统内生物

固体的浓度迅速上升。随着有机物质被降解，微生物可得到的食物量迅速减少，微生物开始挨饿，并且开始死亡。因此当废水中有机物质浓度减少时，系统中微生物的数量和微生物利用氧气的速率相应减少。在一个可以代表大规模处理厂的推流处理系统中，有机物质不断进入微生物体内，因而系统内不断地产生出更多的细胞物质，并保持着一个高的氧气吸收率状态。

BOD是一种衡量标准，不是污染物

如今最常使用的测定废水中和河流中污染物负荷的参量是传统的生物化学需氧量 BOD。BOD 不是一种污染物，而是用来测量废水强度的一种尺度，了解这点很重要。实际的污染物有很多种，具有各种各样的有机或无机形式。测定或正确识别废水中的所有特殊的化合物，通常是很困难的，且浪费时间，因此为了简化实验室的化验分析方法，采取测试 BOD 的方法。

污染物质越多，BOD值越高

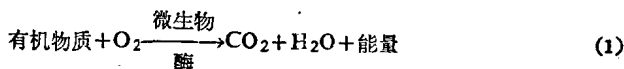
如图 2-1 所示，当微生物分解有机物质时，微生物需用氧气，污染物质越多，微生物需要的氧气量就越多。因此测定微生物在去除废水中有机物质所用的氧气量，并以此作为确定废水中污染物负荷的基本参数。

微生物需要氧气的三个原因

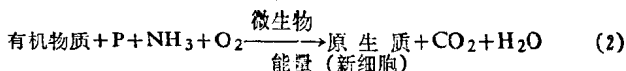
微生物群体利用氧气有以下三个原因：

- (1) 将有机物质转化为二氧化碳、水和能量；
- (2) 产生新的细胞物质；
- (3) 降解其它微生物，致使他们一个个地死去。

有机物的转化：



新细胞物质的产生:



其它细胞物质的降解:

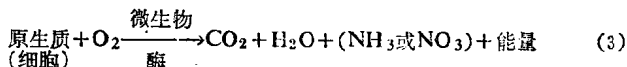


图2-3 活性污泥过程中微生物对氧的要求

这些生物化学反应如图 2-3 所示, 在反应式(1)、(2)、(3)中的总氧量是废水中的生物化学需氧量 (BOD)。这三个反应式同时不同程度地在活性污泥过程中出现:

(1) 反应式(1)中, 微生物利用有机物质作为食物源(加上氧气)维持它们的生命过程。在这个反应中, 生成了二氧化碳 (CO_2)、水 (H_2O) 和能量(以生物化合物的形式)。

(2) 反应式(1)中产生的能量又被微生物利用, 产生新的微生物菌体, 如反应式(2)所示。

(3) 反应式(3)中描述了微生物死亡后又被其它微生物分解的过程。

BOD测定方法有一较大的缺点

BOD 测定方法的缺点是需要 5 天时间才能完成。这对于依据污染负荷大小做出操作决断来说, 等待的时间太长。因此制定出可以用来估计的 BOD 的化学需氧量 COD 的测定方法。COD 的测定方法采用化学药剂氧化污染物, 而不是由微生物分解(氧化)废水中的污染物, 完成测定仅需三小时。

用 COD 可以估计 BOD

在 BOD 和 COD 之间 (BOD/COD 比值) 可以得出用以估计废水中 BOD 的关系式。在几小时内而不是等待 5 天估计出 BOD 水平的方法, 对于影响活性污泥处理效率的日

常的操作决断是极其重要的。及时决断对于活性污泥工厂的运行意义将在以后的章节中讨论。

2-2 活性污泥的形成

活性污泥形成的三个阶段

活性污泥以三个明显的阶段形成，它们是：

- (1) 输送阶段
- (2) 转化阶段
- (3) 絮凝阶段

这些阶段都同时并且连续出现在曝气池中，在某种程度上，还出现在二次沉淀池中。

物质首先被转移到细胞内

在转移阶段，可溶性有机物质通过微生物的细胞壁被吸收入细胞体内，并在细胞内被分解消化。不可溶解的固体部分被吸附在细胞壁上，最终被分解，再通过细胞壁被吸收。细胞对固体物质的吸附过程相当快，通常在15~30分钟内完成。可溶性物质通过细胞壁的转移过程和消化过程则非常慢。当固体被吸附在细胞壁上时，微生物分泌出帮助溶解固体物质的化学物质，并将固体物质转化为可溶形式。这样，固体物质就能够以与可溶性污染物质相同的方式，毫无困难地通过细胞壁。在图2-4中对这个转移过程作出了生动的说明。

有机物质转移到细胞体内后再被消化

转化阶段是活性污泥形成的第二个环节。有机物质一旦被微生物吸收，这些物质就经历了一个转化过程（即被消化），转化过程包括合成与氧化两个过程。合成过程简单地归结为产生更多的细胞，而氧化过程包括产生二氧化碳气体、水和

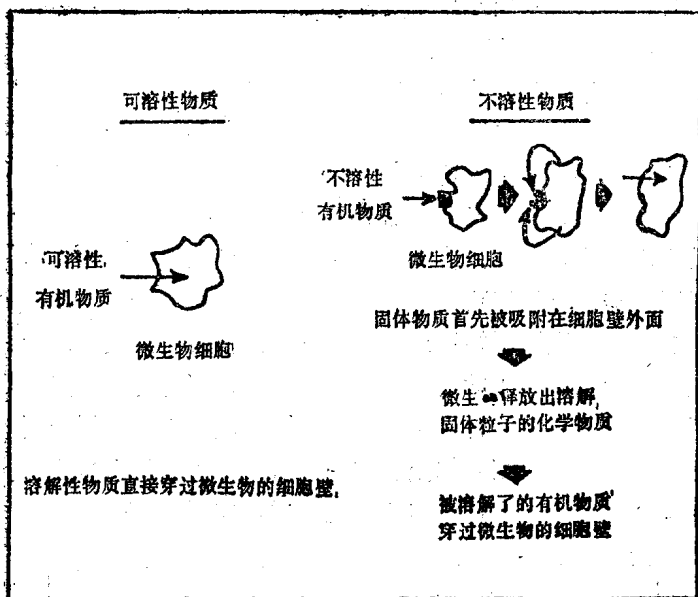


图2-4 有机物质转移到微生物细胞内

能量。这两种反应构成了微生物的新陈代谢过程。处理系统中需要有一个雄厚的微生物菌群，以至当一些微生物正在消化转移到细胞内的有机质时，另一些耗尽了体内有机质，微生物正在降解废水中的有机物。

微生物必须适应废水环境

为了分解有机物，微生物产生出叫作酶的化合物（生物催化剂）。这些酶出现在微生物体内，并存在于微生物周围的水中。各种各样的有机物质需要特定的酶分解它们。这就是说，一个微生物系统必须被驯化，以产生特定性质的酶。这样，微生物菌群就能够转化有机物质，生成更多的微生物、二氧化碳气体和水。在污水处理厂开车启动时，微生物自行产生分解废水中特殊的有机物质所需要的酶。微生物只有被