



普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

水质工程学 (第二版)

(下册)

李圭白 张 杰 主 编
蒋展鹏 主 审

中国建筑工业出版社

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材

高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

水质工程学(第二版)

(下册)

李圭白 张 杰 主编

蒋展鹏 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水质工程学(下册)/李圭白等主编. —2 版. —北京:
中国建筑工业出版社, 2012. 12

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材. 高
等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-112-14948-3

I. ①水… II. ①李… III. ①水质处理-高等学校-
教材 IV. ①TU991.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 288982 号

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

水质工程学(第二版)

(下册)

李圭白 张 杰 主编

蒋展鹏 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 22 $\frac{3}{4}$ 字数: 565 千字

2013 年 3 月第二版 2013 年 3 月第十一次印刷

定价: 45.00 元(赠送课件)

ISBN 978-7-112-14948-3

(23037)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本教材吸取了 2007 年在哈尔滨召开的教材研讨会上各位老师提出的宝贵意见和建议,在《水质工程学》(第一版)的基础上进行修订,增加了水质工程学领域在理论、原理、工艺和技术等方面的新成果,增加了例题内容,加强理论、实践与教学的联系。按照水的社会循环理念,将给水与排水有机结合起来。全书共分 21 章,上册为 1~12 章,下册为 13~21 章。

本教材理论性、系统性强,除可作为给排水科学与工程(给水排水工程)专业、环境工程等相关专业教材外,也可用作有关专业工程技术人员和决策、管理人员的参考书。

为方便教师教学和学生学习,作者特制作了电子课件,如有需要,请发邮件至 cabpbeijing@126.com 索取。

* * *

责任编辑:王美玲

责任设计:张虹

责任校对:王誉欣 赵颖

第二版前言

《水质工程学》的出版是给排水科学与工程(给水排水工程)专业教学改革的一项成果,它体现了给水排水工程学科从以城市基础设施为研究对象转变为以水的社会循环为研究对象的理念,给水和排水是水的社会循环过程中的两个环节,即从水的社会循环的角度将给水与排水有机地结合在一起,将给水处理与污、废水处理结合在一起,形成一部新的教材——《水质工程学》。

按照水的社会循环理念,现在部分学校“给水排水工程”专业的名称已改为“给排水科学与工程”专业,其中给排水是一个词组,即给水和排水是不可分割的,所以“水质工程学”教材也进一步与专业的内涵取得一致。

《水质工程学》(第二版)教材在再版修订过程中,吸收了各方提出的宝贵意见,着重在下列方面作了修改。

1. 吸收近年水质工程学领域在理论、原理、工艺和技术等方面的新发展和新成果,更新教材内容,使之保持新颖性。
2. 为适应各学校不同的教学要求,将内容分为基本的和扩展的两部分,基本部分按对专业最低要求编写,其他部分为扩展部分。基本部分内容采用大字体,扩展部分内容采用小字体。
3. 在书中增加例题内容,以加深学生对理论的理解,并加强理论与实际联系。

再版教材的执笔人以及主编和主审人皆与第一版相同。

第一版前言

我国“给水排水工程”专业建立于20世纪50年代初，由于专业面较窄，已不适应我国当前社会主义市场经济的特点，不能满足我国新兴产业——水工业以及水危机对人才培养的要求，所以需要进行改革。

我国已经进入社会主义市场经济时代，水作为一种特殊商品正在进入市场，采集、生产、加工商品水的产业，称为“水工业”。

水的循环可区分为水的自然循环和水的社会循环。从天然水体采集水，经过加工处理，以满足工业、农业以及人们生活对水质水量的需求，用过的水经适当处理再排回天然水体，这就是水的社会循环。水工业正是服务于水的社会循环全过程的一种产业。它与服务于水的自然循环及其调控的“水利工程”，构成了水工程的两个方面。

我国的水危机形势严峻，我国人均水资源量只有世界平均量的1/4，加上时空分布不均使水资源短缺造成的损害不亚于洪涝灾害。我国目前水环境污染也很严重，造成的损失达GDP的1.5%~3%。水资源短缺和水环境污染已成为我国社会发展的重要制约因素，现正为缓解水危机筹集和投入大量资金，这必将促进水工业产业的大发展。

解决我国水危机的方针，应是以水资源的可持续利用支持我国社会经济的可持续发展。新中国成立以来，我国国民经济有了长足发展，但水污染治理相对落后，致使水环境污染严重。此外，水环境污染与人们对饮用水水质不断提高的要求的矛盾也日益增大。这样，在水工业的水量 and 水质两个方面，就使水质矛盾日益突出而上升为主要矛盾。

我国现在的工农业及城市用水量，正在向我国水资源的极限量逼近，所以节约用水势在必行，必须向建设节水型工农业、节水型城市、节水型社会的方向发展。为节水，需要投入巨资，而其产出效益更大，所以一个节水产业正在兴起，它是水工业的重要组成部分。

水的循环利用是节水的最重要的方面。水的最大特点是在使用过程中水量并不减少，而只是混入了各种废弃物，使水质发生了变化(受到污染)从而丧失或部分丧失了使用功能。如果将水中污染物加以去除(对水进行处理)，使水恢复或部分恢复其使用功能，就能被循环利用。水的循环利用不仅能减少向天然水体取水的数量，缓解水资源短缺，而且也减少了向天然水体排放污水的数量，减少对水环境的污染。

我国正在进入高新技术时代。以生物工程、电子信息、新材料等为代表的高新技术，不断为水工业所采用。高新技术正推动水工业向现代化方向发展。

每一种产业都需要有相应学科和专业的支持才能得到发展。改革后的“给水排水工程”即为水工业的主干学科，它以水的社会循环为研究对象，在水量和水质两个方面以水质为核心，加强化学和生物学基础，保持工程传统，向水资源水环境、市政水工程、建筑水工程、工业水工程、农业水工程、节水产业等方向全面拓宽，以适应市场经济和满足水工业发展的需求。

将改革后的“给水排水工程”专业与50年前成立的“给水排水工程”相比，其研究对象从作为“城市基础设施”扩展为“水的社会循环”；学科的主要内涵从“水量”转变为“水质与水量”；把被区分的给水和排水统一到水的社会循环及水的循环利用这一整体之中，并大量吸收高新技术，使“给水排水工程”面容一新。

“给水排水工程”专业的改革，需要建立新的学科体系和教材体系。“水质工程学”就是新编的教材之一，供大学本科学生使用。

本书绪论、第4章、第5章、第18.1、18.2、18.3、18.4、18.5、19.1、19.2、19.3、19.5由李圭白执笔；第1章、第2章由崔福义执笔；第3章由陈忠林执笔；第6章、第7章、第8章、第9章由马军执笔；第10章、第11章、第18.6、18.7、19.4由于水利执笔；第12章、第13章、第14章由彭永臻执笔；第15章、第16章、第17章由任南琪执笔；第20章、第21章由张杰执笔。全书由李圭白、张杰任主编，蒋展鹏任主审。

本书为教科书，书后只列出少数参考书目供学生课外选读。书中引用了大量文献资料，文献名未一一列出，特作声明，并向这些文献作者表示感谢。

由于作者水平所限，望广大读者批评指正。

主编

目 录

上 册

绪论	1
第 1 篇 水质与水处理概论	8
第 1 章 水质与水质标准	8
1.1 天然水中杂质的种类与性质	8
1.2 水体的污染与自净	10
1.3 饮用水水质与健康	16
1.4 用水水质标准	19
1.5 污水的排放标准	26
第 2 章 水的处理方法概论	35
2.1 主要单元处理方法	35
2.2 反应器的概念及其在水处理中的应用	36
2.3 水处理工艺流程	47
第 2 篇 物理、化学及物理化学处理工艺原理	51
第 3 章 凝聚和絮凝	51
3.1 胶体的稳定性	51
3.2 混凝机理	59
3.3 混凝剂	66
3.4 混凝动力学	73
3.5 混凝过程	80
3.6 混凝设施	86
3.7 混凝试验	91
第 4 章 沉淀	96
4.1 杂质颗粒在静水中的沉降	96
4.2 平流沉淀池	100
4.3 斜板、斜管沉淀池	110
4.4 澄清池	118
4.5 水中造粒	122
4.6 辐流沉淀池	124

4.7 气浮	127
第5章 过滤	131
5.1 慢滤池和快滤池	131
5.2 颗粒滤料	134
5.3 快滤池的运行	139
5.4 过滤理论	150
5.5 滤层的反冲洗	155
5.6 几种常见的滤池	177
第6章 吸附	184
6.1 吸附概述	184
6.2 活性炭吸附	187
6.3 活性炭吸附的应用	195
6.4 活性炭的再生	203
6.5 水处理过程中的其他吸附剂*	206
第7章 氧化还原与消毒	209
7.1 概述	209
7.2 氯氧化与消毒	216
7.3 臭氧氧化与消毒	223
7.4 其他氧化与消毒方法	231
7.5 高级氧化概述*	236
第8章 离子交换	240
8.1 离子交换概述	240
8.2 离子交换基本理论	247
8.3 离子交换装置及运行操作	256
8.4 离子交换的应用	268
第9章 膜滤技术	281
9.1 概述	281
9.2 微滤和超滤	287
9.3 反渗透与纳滤	293
9.4 电渗析	302
9.5 膜滤技术在水处理领域中的应用	312
第10章 水的冷却*	316
10.1 水的冷却系统与冷却构筑物	316
10.2 水的冷却原理	318
10.3 冷却的热力学计算	326

10.4	冷却塔的性能评价	329
10.5	冷却水的水质与水处理	338
第 11 章	腐蚀与结垢*	347
11.1	腐蚀的类型与过程	347
11.2	影响腐蚀的因素与腐蚀形式	354
11.3	水质稳定指数	362
11.4	水质稳定处理	367
第 12 章	其他处理方法	370
12.1	中和法	370
12.2	化学沉淀法	374
12.3	电解法	378
12.4	吹脱汽提法	381
12.5	萃取法	385
附录	389
主要参考文献	410

下 册

第 3 篇	生物处理理论与技术	1
第 13 章	活性污泥法	1
13.1	活性污泥法的理论基础	1
13.2	活性污泥的性能指标及其有关参数	11
13.3	活性污泥反应动力学及其应用	16
13.4	活性污泥法的各种演变及应用	24
13.5	曝气及曝气系统	31
13.6	活性污泥法的脱氮除磷原理及应用	38
13.7	其他几种常用的活性污泥法工艺技术	53
13.8	活性污泥法污水处理系统的过程控制与运行管理	66
第 14 章	生物膜法	73
14.1	生物膜法的基本概念	73
14.2	生物膜的增长及动力学*	80
14.3	生物滤池	82
14.4	生物转盘	94
14.5	生物接触氧化法	97
14.6	生物流化床	102
14.7	生物膜脱氮工艺	105

14.8	新型生物膜反应器和联合处理工艺*	107
14.9	生物膜法的运行管理	109
第15章	厌氧生物处理	112
15.1	厌氧生物处理的概念	112
15.2	厌氧生物处理的基本原理	112
15.3	厌氧生物处理微生物生态学	122
15.4	厌氧颗粒污泥的形成及其微生物生理生态特性	138
15.5	厌氧生物处理工程技术	145
15.6	发展与展望*	168
第16章	自然生物处理系统	171
16.1	氧化塘	171
16.2	污水的土地处理系统	180
第17章	污泥处理、处置与利用	195
17.1	概述	195
17.2	污泥的分类、性质及计算	197
17.3	污泥浓缩	205
17.4	污泥的厌氧消化	212
17.5	污泥的其他稳定措施	225
17.6	污泥的调理	229
17.7	污泥的干化与脱水	230
17.8	污泥的干燥与焚化	240
17.9	污泥的有效利用与最终处置	244
17.10	污泥减量化新技术*	245
第4篇	水处理工艺系统	249
第18章	典型给水处理系统	249
18.1	给水处理工艺系统的选择原则	249
18.2	以地面水为水源的城市饮用水处理工艺	251
18.3	水的除藻*	259
18.4	水的除臭除味*	260
18.5	水源水质突发污染及净水技术对策*	261
18.6	给水厂生产废水的回收与利用	262
18.7	给水厂污泥的处理与处置	265
第19章	特种水源水处理工艺系统*	270
19.1	地下水除铁除锰	270
19.2	高浊度水处理工艺系统	275

19.3	水的除氟和除砷*	278
19.4	软化、除盐及锅炉水处理工艺系统	280
19.5	游泳池水处理工艺系统	285
第 20 章	城市污水处理系统	287
20.1	城市污水处理工艺系统选择的基本思想与原则	287
20.2	城市污水处理工艺系统	289
20.3	活性污泥法处理系统实例	293
20.4	污水深度处理系统与再生水有效利用	301
20.5	污泥处理与利用工艺系统	309
第 21 章	工业废水处理的工艺系统*	317
21.1	概述	317
21.2	常用工业废水处理工艺系统	321
	主要参考文献	350

第 3 篇 生物处理理论与技术

自然界中存在着大量的微生物，它们通过自身新陈代谢的生理功能，氧化分解环境中的有机物并将其转化为稳定的无机物。水的生物处理技术就是在利用微生物的这一生理功能的基础上，采取相应的人工措施，创造有利于微生物生长、繁殖的良好环境，进一步增强微生物的新陈代谢功能，从而使水中(主要是溶解状态和胶体状态)的有机污染物和植物性营养物得以降解、去除。生物处理技术主要应用于污水处理过程，但近年来饮用水水源受有机污染物污染日益严重，因此生物处理技术在给水处理过程中也有应用。本篇主要介绍污水生物处理理论与技术。

污水的生物处理技术主要分为好氧法、厌氧法两大类。根据微生物在反应器中存在的形式，好氧生物处理工艺又可以分为悬浮生长型的活性污泥法和附着生长型的生物膜法。本篇将分别对活性污泥法、生物膜法和厌氧生物处理技术，以及氧化塘等自然处理法进行介绍。

第 13 章 活性污泥法

13.1 活性污泥法的理论基础

1912~1913 年英国人发明了活性污泥法(Activated Sludge Process)，1914 年由 Ardern 和 Lockett 在英国曼彻斯特建成试验厂，1916 年美国正式建立了第一座活性污泥法污水处理厂。在将近 100 年的历史中，随着实际生产上的广泛应用和技术上的不断革新改进，特别是近几十年来，在对其生物反应和净化机理进行深入研究探讨的基础上，活性污泥法在生物学、反应动力学的理论方面以及在工艺方面都得到了长足的发展，出现了多种能够适应各种条件的工艺流程。

目前，活性污泥法是生活污水、城市污水以及有机性工业废水处理中最常用的工艺。

13.1.1 活性污泥法的概念与基本流程

往生活污水中通入空气进行曝气，持续一段时间以后，污水中即生成一种褐

色絮凝体。该絮凝体主要由繁殖的大量微生物群体所构成，可氧化分解污水中的有机物，并易于沉淀分离，从而得到澄清的处理出水，这种絮凝体就是“活性污泥”。

活性污泥法的形式有多种，但其基本流程大致相同，如图 13-1 所示。活性污泥法处理系统主要包括曝气池、二次沉淀池、污泥回流系统、剩余污泥排放系统及曝气系统。

经初次沉淀池或其他预处理装置处理后的污水和回流的活性污泥一起进入曝气池形成混合液。曝气池是一个生物反应器，也是活性污泥处理系统的核心处理单元。通过曝气系统向曝气池充入空气，一方面通过曝气向活性污泥混合液供氧，保持好氧条件，保证活性污泥中微生物的正常代谢反应；另一方面，使混合液得到足够的搅拌，使活性污泥处于悬浮状态，污水与活性污泥充分接触。污水中的有机物在曝气池内被活性污泥吸附，并被存活在其中的微生物利用而得到降解，从而使得污水得到净化。

随后混合液流入二次沉淀池(简称二沉池)，进行固液分离，混合液中的活性污泥沉淀下来与水分离，净化后出水由二沉池溢流堰排出。二沉池底部的沉淀浓缩污泥一部分回流至曝气池，称为回流污泥。回流污泥的目的是使曝气池内活性污泥浓度维持在一定范围内。曝气池中的生化反应引起微生物的增殖，也就是使活性污泥量增加。为保持曝气池内恒定的污泥浓度，还要将另一部分沉淀污泥(污泥增殖部分)排出污水处理系统，该部分污泥称为剩余污泥。剩余污泥因含有大量有毒有害物质，而需要妥善处理，否则将造成二次污染。

活性污泥法处理系统有效运行的基本条件是：污水中含有足够的可溶性易降解有机物作为微生物生理活动所必需的营养物质；混合液中含有足够的溶解氧；活性污泥在曝气池中呈悬浮状态，能够与污水充分接触；活性污泥连续回流，同时，还要及时地排出剩余污泥，使曝气池保持恒定的活性污泥浓度；没有对微生物有毒有害作用物质进入。

活性污泥法处理系统，实质上是自然界水体自净的人工强化模拟。

13.1.2 活性污泥的形态与组成

活性污泥是活性污泥法处理系统中的主体作用物质。它不是一般的污泥，其上栖息着具有强大生命活力的微生物群体。在微生物群体新陈代谢功能的作用

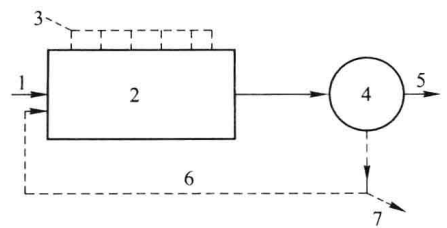


图 13-1 活性污泥法的基本流程
(传统活性污泥法)

- 1—进水；2—活性污泥反应器—曝气池；
3—空气；4—二次沉淀池；5—出水；
6—回流污泥；7—剩余污泥

下，活性污泥具有将有机物转化为稳定的无机物的活力，故将此称之为“活性污泥”。

活性污泥在外观上呈絮绒颗粒状，又称之为“生物絮凝体”。静置时，活性污泥立即凝聚成较大的絮绒粒而下沉。活性污泥略带土壤的气味，其颜色根据污水水质不同而不同，一般为黄色或褐色。活性污泥含水率很高，一般都在 99% 以上，其相对密度则因含水率不同而异，为 1.002~1.006。活性污泥具有较大的表面积，每毫升活性污泥的表面积为 20~100cm²。

活性污泥中的固体物质仅占 1% 以下，这 1% 的固体物质是由有机与无机两部分所组成，其组成比例则因原污水类型不同而异，如城市污水的活性污泥，其中有机成分占 75%~85%。活性污泥中固体物质的有机成分，主要是由栖息在活性污泥上的微生物群体(M_a)所组成；此外，在活性污泥上还夹杂着由入流污水夹入的有机固体物质，其中包括某些惰性的难为细菌摄取、利用的所谓“难降解有机物质”(M_i)。微生物菌体经过自身氧化的残留物(M_e)，如细胞膜、细胞壁等，也属于难降解有机物质范畴。活性污泥的无机组成部分(M_{ii})，则全部是由污水夹入的。至于微生物体内存在的无机盐类，由于数量极少，可忽略不计。

13.1.3 活性污泥微生物及其作用

活性污泥中的微生物群体主要由细菌所组成，其数量可占污泥中微生物总重量的 90%~95%，在某些处理工业废水的活性污泥中，甚至可达 100%。此外，在活性污泥上还活着真菌以及原生动物和后生动物等微型动物。活性污泥中的有机物、细菌、原生动物与后生动物组成了一个小型的相对稳定的生态系统和食物链，如图 13-2 所示。

活性污泥微生物中的细菌以异养型的原核细菌为主，在成熟的正常活性污泥中的细菌数量大致介于 10⁷~10⁸ 个/mL 活性污泥之间。现已基本判明，可能在活性污泥上形

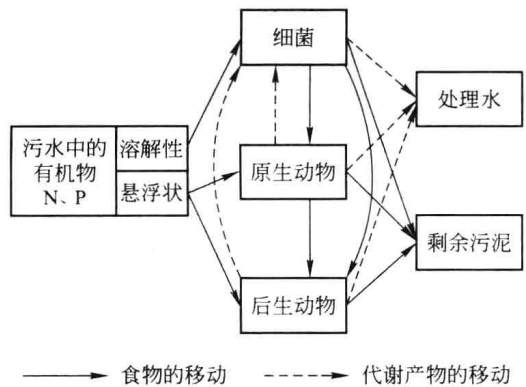


图 13-2 活性污泥微生物群体的食物链

成优势的细菌主要有：产碱杆菌属(*Alcaligenes*)、芽孢杆菌属(*Bacillus*)、黄杆菌属(*Flavobacterium*)、动胶菌属(*Zoogloea*)、假单胞菌属(*Pseudomonas*)和大肠埃希氏杆菌(*Escherichia Coli*)等。此外，还可能出现的细菌有：无色杆菌属(*Achromobacter*)、微球菌属(*Microbaccus*)、诺卡氏菌属(*Nocardia*)和八叠球菌属(*Sarcina*)等。至于哪些种属的细菌在活性污泥中占优势，则又取决于原污水

中有机物的性质。如含蛋白质多的污水有利于产碱杆菌的生长繁殖，而含大量糖类和烃类的污水，则将使假单胞菌得到迅速增殖。

上述种属的细菌在适宜的环境条件下，都具有较高的增殖速率，世代时间仅为20~30min。这些细菌具有较强的分解有机物并将其转化为稳定的无机物质的能力。另外，如动胶菌属(*Zoogloea*)、假单胞菌属(*Pseudomonas*)、黄杆菌属(*Flavobacterium*)等能够形成絮凝体状团粒(即“菌胶团”)的细菌被称为菌胶团细菌。菌胶团细菌是构成活性污泥絮凝体的主要成分，有很强的吸附、氧化分解有机物的能力。细菌形成菌胶团后可防止被微型动物所吞噬，并在一定程度上可免受毒物的影响。菌胶团有很好的沉降性能，使混合液在二次沉淀池中迅速完成泥水分离。

活性污泥中真菌的出现一般与水质有关，如一些真菌常出现于pH较低的污水中。通常，丝状菌在活性污泥中可交叉穿织在菌胶团之间，是形成活性污泥絮凝体的骨架，使污泥具有良好的沉淀性能。丝状菌还可保持高的净化效率、低的出水浓度和出水悬浮物浓度。但若大量异常的增殖则会引发污泥膨胀现象。

在活性污泥中存活的原生动物主要有肉足虫、鞭毛虫和纤毛虫等三类。原生动物的主要摄食对象是细菌，因此，出现在活性污泥中的原生动物，在种属上和数量上是随处理水的水质和细菌的存活状态变化而改变的。

在活性污泥系统启动的初期，活性污泥絮体尚未很好的形成，混合液中游离细菌居多，处理水水质欠佳，此时出现的原生动物，最初为肉足虫类(如变形虫)占优势，继之出现的则是游泳型的纤毛虫，如豆形虫、肾形虫和草履虫等。而当活性污泥培育成熟，生物絮凝体结构良好，混合液中的细菌多已“聚居”在活性污泥上，游离细菌为数很少，处理水水质良好，此时出现的原生动物则将以带柄固着(着生)型的纤毛虫，如钟虫、累枝虫、独缩虫、聚缩虫和盖纤虫等为主。

此外，原生动物还不断地摄食水中的游离细菌，起到了进一步净化水质的作用。

活性污泥系统中较常见的后生动物有轮虫、线虫和瓢体虫。轮虫在系统正常运行时期、有机物含量低、出水水质良好时才会出现，故轮虫的存在是处理效果较好的标志。

图13-3所示是活性污泥法处理系统中活性污泥微生物随驯化进程和污水有机物浓度改变的演替规律。

在活性污泥法处理系统中，细菌是净化污水的第一承担者，也是主要承担者；原生动物是污水净化的第二承担者，摄食处理水中游离细菌，使污水进一步净化。

通过显微镜的镜检，能够观察到出现在活性污泥中的原生动物，并辨别认定

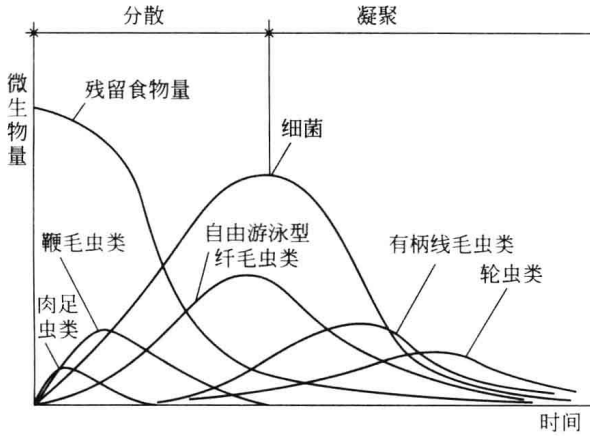


图 13-3 活性污泥微生物随驯化进程和污水中有机物浓度改变的演替

其种属，据此能够判断处理水水质的优劣。因此，将原生动称称之为活性污泥系统中的指示性生物。

13.1.4 活性污泥微生物的增殖规律

在曝气池内，活性污泥微生物对污水中有机物的降解，必然结果之一是微生物的增殖，而微生物的增殖实际上就是活性污泥量的增长。微生物在曝气池内的增殖规律，是污水生物处理工程技术人员应予以充分考虑和掌握的。

纯菌种的增殖规律已有大量的研究结果，并可以用增殖曲线来表示。活性污泥中微生物种类繁多，其增殖规律比较复杂，但仍可用增殖曲线表示其规律。

将活性污泥微生物在污水中接种，并在温度适宜、溶解氧充足的条件下进行培养，按时取样计量，即可得出微生物数量与培养时间之间具有一定规律性的增殖曲线(图 13-4)。

在温度适宜、溶解氧充足，而且不存在抑制物质的条件下，活性污泥微生物的增殖速率主要取决于有机物量(F)与微生物量(M)的比值(F/M)。它也是有机物降解速率、氧利用速率和活性污泥的凝聚、吸附性能的重要影响因素。

活性污泥微生物增殖分为以下四个阶段(期)。

1. 适应期

适应期又称延迟期或调整期。这是微

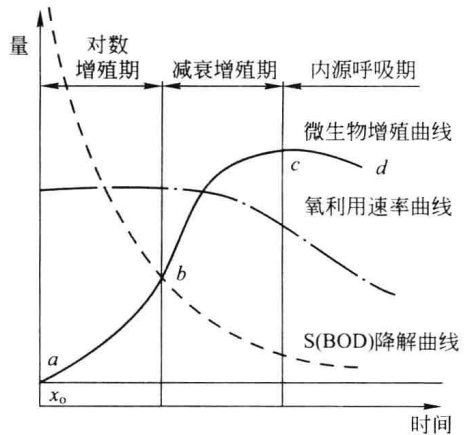


图 13-4 活性污泥微生物增殖曲线及其和有机底物降解、氧利用速率的关系 (间歇培养、底物一次性投加)