

· 高等院校环境类系列教材

污水生物 处理新技术

· 高艳玲 马 达 主编

WU SHUI

SHENG WU
CHU LI

XIN JI SHU

中国建材工业出版社

高等院校环境类系列教材

污水生物处理新技术

主 编 高艳玲 马 达

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

污水生物处理新技术/高艳玲, 马达主编. —北京:
中国建材工业出版社, 2006.1
(高等院校环境类系列教材)
ISBN 7-80159-963-2

I. 污... II. ①高... ②马... III. 污水处理: 生物
处理-高等学校-教材 IV. X703.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 101890 号

内 容 简 介

本书系统阐述了城市工业污水处理的类型、特点、设计原则和运行控制方案。并通过城市污水和工业废水处理实际工程的设计运行实例, 详细介绍了污水处理常用工艺技术和新工艺技术的工艺特殊性征、设计运行参数、设计计算和应用效果。

本书可作为高等院校环境专业及其相关专业教材, 也可作为专业技术人员的参考用书。

污水生物处理新技术

主编 高艳玲 马 达

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 19.25

字 数: 473 千字

版 次: 2006 年 1 月第 1 版

印 次: 2006 年 1 月第 1 次

定 价: 29.00 元

网上书店: www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010)88386906

《高等院校环境类系列教材》

编 委 会

编委会主任：王立新

编委会副主任：高艳玲 张继有

委 员：万秋山 耿世刚 赵庆建 赫俊国

许春生 陆洪宇 马 达 刘满平

魏 群 金 文 王卫红

顾 问：吕炳南

《污水生物处理新技术》

编 写 组

主 编：高艳玲 马 达

副主编：刘玉忠 赵 欣 王小庆

参 编：湛晓薇 任 平 李 冬 付 征

吴燕国 雷彩虹 王国贞 朱新锋

张红艳 杨 磊 顾志彬

序 言

随着人类对环境问题认识的加深，越来越多的企事业单位需要有懂得环境保护的专业人员参与管理。这些人才的培养责无旁贷地落在了高等教育上。高等院校环境专业领域的学生应该学到最新的环境专业概念；受到最新的环境技术研究、设计、运行管理等方面的教育，并树立正确的环境保护和可持续发展的观点。

环境教育课程一般具有综合学科的性质，并需要十分关注真正的实际环境问题。学生应是活跃的思考者和知识的产生者，而不应是消极的旁观者或仅仅是他人知识和思想的接受者，学生的知识和技能应集中于对环境保护的决策和解决环境问题的实践上。环境问题的解决应采用多学科的综合方法，因此，要求学生具有综合分析问题和解决实际问题的能力。

编辑出版《高等院校环境类系列教材》的目的，就是要将现有的理论与实践经验汇集起来，传扬开去，交流出来，让更多的人看到这些成果，并通过这些成果增强学生解决相关实际环境问题的能力，为环境保护工作培养基础扎实、技术过硬的合格人才。

《高等院校环境类系列教材》的编者，有的是环境领域的专家、学者，有的是在高等院校从事环境教育的教授，有的是科研院所和企业单位的科技骨干，他们既有扎实的理论基础，又有丰富的实践经验。从而保证了本系列教材的系统性、实用性、前沿性和权威性，是一套值得推广的教材，同时对于从事相关领域教学和科学研究的人员也具有较高的参考价值和实用价值。

中国工程院院士
哈尔滨工业大学博士生导师
北京工业大学博士生导师



2005年6月

前 言

水是地球上一切生命赖以生存、人类生活和生产必不可少的基本物质，它是宝贵的自然资源。约占地球表层地壳（5km）的 50% 以上，覆盖地球表面积的 70.8%。

地球上水的总储量约 14 亿 km^3 ，其中 97% 以上是海水。在占地球总水量约 3% 的淡水中，77.2% 分布在南北两极地带及高山高原地带，以冰帽或冰川形式存在，22.4% 以地下水和土壤水的形式存在，湖泊、沼泽水占 0.35%，河水占 0.01%，大气中水占 0.04%。其中，便于人们取用的淡水只有河水、淡水湖水和浅层地下水，占地球总水量的 0.2% 左右。因此，淡水是一种极为有限的资源。

随着全球人口的不断增加和工农业的持续发展，全世界的淡水资源日益紧张。现在全世界约有 80 个国家存在着影响经济发展和人民生活的缺水问题。

人类的生活和生产活动，用水和排水对水的自然循环产生了量和质两方面的影响。20 世纪中期以来，由于人口增长和工农业生产的发展，加剧了这种影响。排放的污水已构成了对水环境生态系统的严重污染，使地表水甚至地下水水质恶化，并致死水生动植物，危及人的生命健康。

虽然我国水资源总量非常丰富，居世界第六位，但是由于人口众多，人均占有约为世界平均的 1/4，属世界缺水国家之一。由于水污染控制的相对滞后，受污染的水体逐年增加，又加剧了水资源的短缺。而中国工业化、城市化的快速发展，不可避免地会加快水污染速度。据统计，我国从 20 世纪 80 年代初以来，工农业和人口迅猛发展，每年工业废水和城市污水合计排放量已达约 400 多亿 m^3 ，且处理效率较低，大量废水排入天然水体，已使我国约 80% 的河流湖泊受到不同程度的污染。水污染已成为我国面临的严重环境问题之一。在水资源日益紧缺的今天，做好城市污水和工业废水的处理和再生利用，有利于保护水环境、保护水源，促进有限的水资源的可持续开发利用。

为减轻和消除水污染所造成的不良影响，1995 年以来，国家水污染治理工作力度加大，大量污水处理设施建成并投入使用。但还存在污水处理技术不适用、工程设计和运行管理水平不高的情况。要实现我国大多数江河流域水体基本变清的目标，还需要学习研究和推广应用适合我国国情的污水处理工艺技术和设备。

本书要按照针对性强和实用的原则，科学而系统地阐述了城市工业污水处理的类型、特点、设计原则和运行控制方案。并通过城市污水和工业废水处理实际工程的设计运行实例，详细介绍了污水处理常用工艺技术和新工艺技术的工艺特殊性征、设计运行参数、设计计算

和应用效果。另外，污水处理工艺方案设计是污水处理的首要环节，一个科学合理的方案可以在达到治理目标的同时节省投资、降低成本、简化管理。目前，我国废水处理工程无论在工艺选择，还是在工程设计、施工、验收等环节尚存在种种不规范和质量不高的问题，都与缺乏规范、适用的工程技术及相关资料有很大关系。

为此，我们组织编写了《污水生物处理新技术》一书，该书的第一章由任平编写；第二、三、四章由马达、高艳玲编写；第五章由湛晓薇编写；第六章由刘玉忠编写；第七章由李冬编写；第八章由王小庆、李冬编写；第九章由王小庆编写；第十章第一节、第二节的一、二、三部分由赵欣编写，第二节四、五、六、七部分及第三节由高艳玲、吴燕国、雷彩虹编写；第十一章、第十二章由任平编写；第十三章第一节、第二节由赵欣编写，第三节、第四节由吴燕国、杨磊、张红艳、顾志斌编写；第十四章由刘玉忠编写；第十五章由王国贞编写；第十六章由朱新锋编写。

本书编写组

2006年1月

化学名称缩写及解释

1. COD 化学需氧量：水样在一定条件下，氧化 1L 水样中还原性物质所消耗的氧化剂的量。以 mg 氧/L 表示。
2. BOD 生化需氧量：表示在有氧条件下，好氧微生物氧化分解单位体积水中有机物所消耗的溶解氧的数量，通常单位为 Mg/L。
3. BOD₅ 以 5 日作为测定 BOD 的标准时间，记为 BOD₅。
4. MLSS 混合液悬浮固体：指的活性污泥法处理废水工艺中，曝气池中废水和活性污泥的悬浮固体浓度。
5. MLVSS 混合液挥发性悬浮固体：与 MLSS 比此指标不包含无机物，表示活性污泥微生物量。
6. SVI：污泥体积指数，常用 SVI₃₀表示，指曝气池混合液在 1 000mL 的量筒中、静置 30min 以后，1g 活性污泥悬浮固体所占的体积，单位为 mL/g。
7. SV：污泥沉降比，常用 SV₃₀表示，指曝气池的混合液在 100mL 的量筒中、静置 30min 以后，沉降污泥与混合液的体积之比。
8. SS：悬浮物，是将污水过滤，把滞留在过滤材料上的物质，通过烘干、称重测得。
9. DO：溶解氧，是指溶解在水中的分子氧，以每升水中所含氧的毫克数来表示。
10. TDS：溶解性总固体，也就是溶解于水中的固体的总量。
11. UASB：上流式厌氧污泥床。
12. TOD：总需氧量。
13. TOC：总有机碳，是用总有机碳仪在 900℃高温下将水中有机物燃烧氧化计算出的总含碳量。
14. TSS：总悬浮固体。
15. CASS：CASS/CAST/CASP（循环式活性污泥工艺）是 Goronszy 在 SBR 基础上结合生物反应动力学原理及合理的水力条件开发出的一种新工艺，CASS 工艺中污水分批次进入反应池，然后按反应、沉淀、排出上清液和闲置完成一个操作周期。
16. VOC：水中挥发性有机化合物。
17. TKN：凯式氮。
18. CFS：连续流活性污泥法（Continuous Flow System Activated Sludge Process，简称 CFS）。
19. MBR：膜生物反应器。
20. OD：氧化沟（Oxidation Ditch）又名氧化渠，实际上是活性污泥法的一种变型。因为污水和活性污泥的混合液在环状的曝气渠道中不断循环流动，有人称其为“循环曝气池”、“无终端的曝气系统”。
21. SBR：也称为间歇曝气活性污泥工艺或序批式活性污泥工艺，SBR 工艺所有的操作都在一个反应器中完成，每一个间歇反应器在处理废水时的操作过程包括如下五个阶段：
(1) 进水期（或称充水期）；(2) 反应期；(3) 沉淀期；(4) 排水（排泥）期；(5) 闲置

期。

- 22. ABR: 厌氧折流板反应器, 是在 UASB 基础上开发出的一种新型高效厌氧反应器。
- 23. HRT: 污水在反应池内的停留时间。
- 24. SR: 慢速渗滤土地处理系统 (简称 SR 系统) 是将污水投配到种有植物的土壤表面, 污水在流经土壤表面以及在土壤 - 植物系统内部垂直渗滤时得到净化的土地处理工艺。
- 25. OF: 污水地表漫流处理系统。
- 26. FWS: 自由表面流系统, 废水在湿地的土壤表层流动, 是人工湿地中的挺水植物系统的一种形式。
- 27. CW: 人工湿地, 是一种由人工建造和监督控制的, 能净化污水, 与沼泽地类似的地面。
- 28. NVSS: 不可生物降解和惰性悬浮物量。
- 29. SFS: 潜流系统, 污水在湿地床的表面下流动, 是人工湿地中的挺水植物系统的一种形式。

目 录

第一篇 污水微生物特性

第一章 污泥生物控制新技术	1
第一节 污泥的组成及特性	1
第二节 污泥的分类	10
第三节 污泥膨胀的生物控制	14
第四节 污泥的生物减量技术	16
第二章 聚磷菌的研究应用	26
第一节 聚磷菌的生物学特性	26
第二节 聚磷菌在废水处理中的作用机理	29
第三节 生物除磷的影响因素	32
第三章 脱氮菌的研究应用	35
第一节 脱氮菌的生物学特性	35
第二节 脱氮菌在废水处理中的作用机理	38
第三节 生物脱氮的影响因素	44
第四章 除硫菌的研究应用	47
第一节 除硫菌的生物学特性	47
第二节 除硫菌在废水处理中的作用机理	53
第三节 生物除硫的影响因素	54

第二篇 污水处理新工艺

第五章 概述	55
第一节 污水处理新工艺的发展	55
第二节 污水处理新工艺的分类	56
第三节 部分活性污泥法生物处理工艺简介	59

第六章 A/O 与 A²/O 污水生物处理技术	79
第一节 A/O 生物脱氮工艺	79
第二节 A ² /O 工艺	87
第七章 AB 法污水处理工艺	93
第一节 AB 法的工艺流程和基本原理	93
第二节 AB 法的性能特点	99
第三节 AB 法的设计参数及应用发展	107
第八章 ABR 法污水处理工艺	117
第一节 ABR 法的基本原理和工艺构造	117
第二节 ABR 法的性能特点	120
第三节 ABR 法的应用发展	126
第九章 SBR 污水生物处理技术	133
第一节 SBR 的工艺流程和基本原理	133
第二节 SBR 工艺的主要性能特点	139
第三节 SBR 工艺的设计参数及应用发展	142
第十章 生物膜处理技术	149
第一节 生物滤池的构造及原理	150
第二节 生物膜技术的应用及发展	160
第三节 生物膜法的运行管理	176
第十一章 废水自然净化技术	179
第一节 稳定塘	179
第二节 水体自净技术	182
第十二章 废水土地处理技术	185
第一节 地表污水处理技术	187
第二节 人工湿地污水处理技术	189
第三节 地下渗滤处理技术	196
第四节 土地处理系统的工艺设计	196
第十三章 膜材料与生物处理技术	198
第一节 膜材料的性能特点	198
第二节 膜的应用概述	201
第三节 膜生物反应器污水处理技术	206

第四节	膜的市场前景	226
第十四章	UASB 污水生物处理技术	230
第一节	UASB 的构造和基本原理	230
第二节	UASB 反应器的工艺设计	233
第三节	UASB 反应器的运行及控制要点	236
第四节	膨胀颗粒污泥床反应器 (EGSB)	240
第五节	内循环 (IC) 厌氧反应器	241
第十五章	氧化沟污水生物处理技术	246
第一节	氧化沟 (OD) 的工艺流程和基本原理	246
第二节	氧化沟工艺的主要性能特点	260
第三节	氧化沟工艺的设计参数及应用发展	262
第十六章	污水回用技术	271
第一节	概述	271
第二节	污水回用新工艺	277
第三节	污水回用中存在的问题和污水回用的前景	287
参考文献		289

第一篇 污水微生物特性

第一章 污泥生物控制新技术

第一节 污泥的组成及特性

污泥中生活的微生物，由极为适应于污水的多种微生物类群组成。它们在污水中的生物膜上或活性污泥中形成一个小的生态系统和食物链的缩影。一部分有机物在食物链中被转变为 CO_2 ，使污水逐渐得到净化。

活性污泥中主要有细菌，还有酵母菌、霉菌、单细胞藻类等。此外，还有大量原生动物和少数后生动物。当然，污水性质和污染程度的不同，其微生物种类和数量会有很大差别。生物膜中微生物群体包括好氧菌、厌氧菌和兼性菌，还有真菌、藻类、原生动物以及蚊蝇的幼虫等生物。

一、细菌

(一) 形态

细菌是微小的、单细胞的、没有真正细胞核的原核生物。其大小一般只有几个微米大。一滴水里，可以含有好几千万个细菌。所以要观察细菌的形状，必须要有一架可以放大一千倍或倍数更高的显微镜。但是由于细菌本身是无色半透明的，即使放在显微镜下看起来还是比较模糊，不容易看清楚。为了要清楚地观察细菌，必须对细菌进行染色。

就菌体的外形来看，细菌可分为三大类型——球菌、杆菌和螺旋菌，如图 1-1 所示。

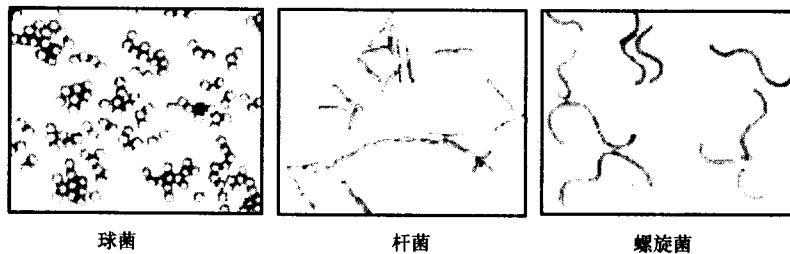


图 1-1 细菌的三种类型

球菌按其排列的形式，又可分为数种。例如：细菌分裂后各自分散单独存在的，称单球菌；成双存在的，称双球菌；成串的，称链球菌；四个联在一起的，称四联球菌，八个叠在一起的，称八叠球菌；积聚成葡萄状的，称葡萄球菌。肺炎球菌、脑膜炎球菌、尿小球菌、产甲烷八叠球菌等都是球状细菌。球菌直径一般为 $0.5 \sim 2\mu\text{m}$ 。

杆菌一般长 $1 \sim 5\mu\text{m}$ ，宽 $0.5 \sim 1\mu\text{m}$ 。大肠杆菌、伤寒杆菌、假单胞菌和布氏产甲烷杆菌都属于这一类细菌。

螺旋菌的宽度常在 $0.5 \sim 5\mu\text{m}$ 之间，长度则因种类的不同而有很大差异（约 $5 \sim 15\mu\text{m}$ ）。只有一个弯曲的螺旋状细菌称为弧菌，如霍乱弧菌、纤维弧菌等。

以上三种形态（球状、杆状和螺旋状）是细菌的基本形态。各种细菌在其初生时期或适宜的生活条件下呈现它的典型形态。这些形态特征是鉴别菌种的依据之一。

（二）分类

根据呼吸类型的不同，细菌分为好氧菌（需氧菌）、厌氧菌（厌气菌）和兼性菌（兼气菌）三类。好氧菌生活时需要氧气，没有氧气就无法生存。它们在有氧的条件下，可以将有机物分解为二氧化碳和水。这个物质分解的过程叫好氧分解。厌氧菌只有在没有氧气的环境中才能生长，如果有了氧气对它还有毒害作用。它们在无氧条件下，可以将复杂的有机物分解成较简单的有机物和二氧化碳等。这个过程称为厌氧分解。兼性菌则既可在有氧环境中生活，也可在无氧环境中生长。在自然界中大部分细菌属于这一类。

对于其他微生物来说，都可以根据它们生活时是否需要氧气分别列入好氧、厌氧和兼性这三大类中。

研究表明，当水中溶解氧高于 $0.2 \sim 0.3\text{mg/L}$ 时，兼性菌利用氧气进行新陈代谢；而当溶解氧低于上述数字时，它们同厌氧菌一样，生活时不需要氧气。废水处理中起主要作用的是细菌。

二、丝状菌

丝状微生物是一大类菌体相连而形成丝状的微生物的统称，其中包括丝状细菌、丝状真菌、丝状藻类等。

丝状微生物的功能与结构形态密切相关，长丝状形态有利于其在固相上附着生长，保持一定的细胞密度，防止单个细胞状态时被微型动物吞食；细丝状形态的比表面积大，有利于摄取低浓度底物，在底物浓度相对较低的条件下比胶团菌增殖速度快，而在底物浓度较高时比胶团菌增殖速度慢。许多丝状微生物表面具有胶质的鞘，能分泌黏液，黏液层能够保证一定的胞外酶浓度，并减少水流对细胞的冲刷，其中还含有特定的抗体，以防止其他生物附着。

丝状微生物种类繁多，对生长环境要求低。其本身生理生长特性很特别：增殖速率快、吸附能力强、耐供氧不足能力以及在低基质浓度条件下的生活能力都很强，因此在废水生物处理生态系统中存活种类多，数量大。如何使丝状微生物相互聚集，使之在废水处理中达到较好的泥水分离效果，如何确定丝状微生物同其他微生物的相互作用，以及不同丝状微生物的最适需氧量等，都是需要进一步研究的问题。

（一）放线菌

放线菌是一种有细长分枝的单细胞菌丝体，它的菌体由不同长短的纤细的菌丝组成。菌丝相当长，约在 $50 \sim 600\mu\text{m}$ 之间，直径与细菌的大小较接近，一般约 $0.5 \sim 1\mu\text{m}$ ，最大不超过 $1.5\mu\text{m}$ ，内部相通，一般没有隔膜。菌丝分两部分：伸入营养物质内或漫生于营养物质表面吸取养料的菌丝，称为营养菌丝。当营养菌丝发育到一定程度，就会在它上面生长出伸向空中的菌丝，这部分菌丝叫做气生菌丝。气生菌丝的顶端能形成孢子丝，产生孢子，叫分生

孢子（也叫气生孢子），见图 1-2。

孢子对于不良的外界环境有较强的抵抗能力。散落的孢子遇到适宜条件就萌发出菌丝，菌丝分枝再分枝，最后形成网状的菌丝体。放线菌容易在培养基上生长，固体培养基上的菌落通常是由一个孢子或一小块营养菌丝形成的一团有分枝的细丝。菌落表面常呈粉末状或皱褶状，有的则呈紧密干硬的圆形，有的属的菌落为糊状。不同的放线菌的菌落呈不同的颜色，如无色、白、黑、红、褐、灰、黄、绿等颜色。菌落的正面和背面的颜色往往不同，正面是孢子的颜色，背面是营养菌丝及它所分泌的色素的颜色。放线菌菌落不易被接种环挑起。这些特征都是鉴定菌种的重要依据。

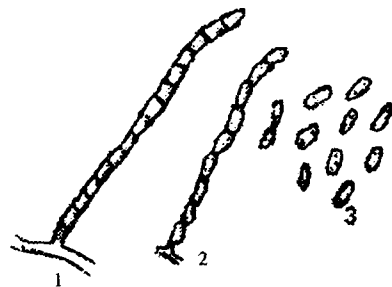


图 1-2 横隔分裂方式形成孢子
1—孢子丝中形成隔膜；2—沿横隔形成孢子；
3—成熟的孢子

大多数放线菌是好氧性的。一般生长最适宜的 pH 值为 7~8，也就是中性偏碱。最适宜的温度为 25~30℃。放线菌多数是腐生性的，也有寄生性的，有些寄生种能使动植物致病。不少抗菌素（约占目前已知抗菌素的 2/3）是由放线菌产生的，其中有链霉素、氯霉素、土霉素、四环素等。

（二）铁细菌

水中常见的铁细菌有多胞泉发菌、赭色纤发菌和含铁嘉利翁氏菌等。铁细菌一般都是自养的丝状菌。

多胞泉发菌的丝状体不分枝，附着在坚固的基质上，基部和顶端有差别。鞘清楚可见，顶端薄而无色，基部厚并被铁所包围。细胞有圆筒形的和球形的，可产生球形的分生孢子。

赭色纤发菌的丝状体有鞘，呈黄色或褐色，被氢氧化铁所包围。在地面水中广泛分布。

含铁嘉利翁氏菌是有柄的细菌，绞绳状对生分枝，没有证明有鞘存在。因为还没有发现其他细菌有这种形状，所以这种扭曲的丝状体很容易鉴定。当卷曲的环被附着的铁所包围时，其丝状体就好像一串念珠。这种细菌也广泛地分布于自然界中。

铁细菌一般能生活在含氧少但溶有较多铁质和二氧化碳的水中。它们能将其细胞内所吸附的亚铁氧化为高铁，从而获得能量。

（三）硫磺细菌

硫磺细菌一般也都是自养的丝状细菌。它们能氧化硫化氢、硫磺和其他硫化物为硫酸，从而得到能量。在给排水工作中比较常见的硫磺细菌有贝日阿托氏菌（又称白硫磺菌）和发硫细菌等。

贝日阿托氏菌是一类漂浮在池沼上的硫磺细菌，其丝状体是由一串细胞相联接并为共同的衣鞘所包围，细菌的细胞内一般含有很多硫磺颗粒。它们的丝状体不分枝，单个分散，不固着于其他物体上生长，能进行匍匐运动，或呈直线或呈曲线，并经常改变行动方向。有些贝日阿托氏菌的个体很大，如奇异贝日阿托氏菌的丝状体的宽度可达 16~45μm；有些种，如最小贝日阿托氏菌的丝状体则只有 1μm 宽。

发硫细菌也是一种不分枝的丝状细菌，可固着在其他物体上生长。

硫磺细菌氧化硫化氢或硫磺为硫酸，同时同化 CO₂，合成有机成分。如果环境中硫化氢充足，则形成硫磺的作用大于硫磺被氧化的作用，其结果是在菌体内部积累了很多硫粒。当

硫化氢缺少时，硫化氢氧化化的作用就大于硫磺形成的作用，这时体内硫粒逐渐消失。完全消失后，硫磺细菌死亡或进入休眠状态，停止生长。

此外，还有一类所谓硫化细菌，它们能氧化硫化氢、硫或硫代硫酸盐为硫酸，但不积存硫粒于细胞中。

(四) 球衣细菌

球衣细菌大多数具有假分枝。当皮鞘内的一个细菌细胞从皮鞘的一端游出，吸附在另一个球衣细菌的菌丝体上，并发育成菌丝体，即形成假分枝。假分枝看起来好象是分枝，实际上与旁边的菌丝体并无关系。

球衣细菌是好氧细菌，在溶解氧低于 0.1mg/L 的微氧环境中仍能较好地生长（也有资料介绍，球衣细菌在微氧环境中生长得最好，若氧量过大，反而影响它的生长），其生长适宜的 pH 值范围约为 6~8，适宜的生长温度在 30℃ 左右，在 15℃ 以下生长不良。球衣细菌在营养方面对碳素的要求较高，反应灵敏，所以大量的碳水化合物能加速球衣细菌的繁殖。此外，球衣细菌对某些杀虫剂，如液氯、漂白粉等的抵抗力不及菌胶团。这些生理上的特征，都是生产上控制球衣细菌的重要依据。

球衣细菌分解有机物的能力很强。在废水处理设备正常运转中有一定数量的球衣细菌，对有机物的去除是有利的。上海某加速曝气池的生产试验表明，只要污泥不随水流出，即使球衣细菌多一些，有机物的去除率仍是很高的。

但是，丝状细菌，特别是球衣细菌，在废水处理的活性污泥中大量繁殖后，会使污泥结构极度松散，使污泥因浮力增加而上浮，引起所谓污泥膨胀，影响出水水质。上海某加速曝气池的生产试验还发现，丝硫细菌对膨胀污泥的影响也很大。

还发现枯草杆菌和大肠杆菌也能引起污泥膨胀。枯草杆菌的发育过程并不像普通细菌那么简单，而是有比较复杂的生活史，在其生长的某一阶段能形成链条状的形态。大肠杆菌的生活史虽简单，但它的个体形态不是固定不变的，它虽是杆菌，但有时短似球形，有时则呈链条状。当这两种细菌的链条状形态大量存在时，就能引起污泥膨胀，不利于污泥的沉淀。

三、真菌

真菌是低等的真核微生物，其构造比细菌复杂。它的种类繁多，包括单细胞的酵母菌和呈丝状的多细胞霉菌（包括各种蕈子，如可食用的蘑菇、香菇等）。它们都具有明显的真正细胞核。没有叶绿素，不能进行光合作用，是腐生的或寄生的。真菌的形态有单细胞和多细胞两种形式。与废水生物处理有关的是单细胞的酵母菌和多细胞的霉菌（霉菌也有单细胞的）。

(一) 酵母菌

酵母菌是单细胞的真菌（也有多个细胞相互连接成菌丝体的），我们称之为假菌丝。其细胞形态为圆形、卵圆形或圆柱形，内含有细胞核，核呈圆形或卵形，直径约 1μm，外围有明显的细胞壁。其菌体比细菌大十几倍至几十倍，一般长 8~10μm，宽约 1~5μm。

将酵母菌接种在固体培养基上，在适宜的温度下培养一定时间，可形成圆形菌落，通常呈白色或红色，大小约与细菌菌落相同，其表面湿润有光泽，带黏性，培养时间较长的菌落呈皱缩状，较干燥。酵母菌生长在中性偏酸（pH 值 4.5~6.5）的条件下较好。

大多数酵母菌都是以出芽方式进行无性繁殖，先在细胞一端长出突起，接着细胞核分裂

出一部分并进入突起部分，突起部分逐渐长大成芽体。由于细胞壁的收缩，使芽体与母体细胞相隔离。成长的芽体可能暂时与母细胞联合在一起，也可能立即与母细胞分离。有些酵母具有有性生殖，它们以子囊孢子进行繁殖。

（二）霉菌

霉菌是多细胞的腐生或寄生的丝状菌，具有一种由分枝的、丝状的菌丝所组成的叶状体。这种菌丝比放线菌的菌丝粗几倍到几十倍，与放线菌相像，也分为两部分：一部分是营养菌丝，伸入营养物质内摄取营养；另一部分是气生菌丝，伸入空气中形成孢子和释放孢子。大多数霉菌菌丝的內部有隔膜，把菌丝分成若干小段，每个小段就是一个细胞，菌丝中的隔膜是细胞中的细胞壁，如青霉、曲霉等都属于这种多细胞的类型。由一个细胞组成的没有隔膜的菌丝，称为单细胞菌丝体，如毛霉、根霉等。霉菌的细胞壁与细菌不同，它主要由几丁质或纤维素组成。除少数水生低等真菌含纤维素外，大部分霉菌细胞壁由几丁质组成。

霉菌的繁殖能力很强，而且方式多样，分无性繁殖和有性繁殖两大类。无性繁殖是许多霉菌的主要繁殖方式，产生孢囊孢子、分生孢子、节孢子和厚垣孢子等无性孢子。有些霉菌在菌丝生长后期以有性繁殖方式形成有性孢子进行繁殖。有性繁殖方式是真菌系统分类的依据。由于霉菌产生的无性孢子数量多，体积小而轻，因此可随气流或水流到处散布。当温度、水分、养分等条件适宜时，便萌发成菌丝。因为霉菌的代谢能力很强，特别是对复杂的有机物（如纤维素、木质素等）具有很强的分解能力，所以霉菌在固体废气物的资源化及处理过程中具有重要作用。

将霉菌接种到固体培养基上，在一定温度条件下，经过一定时间的培养，可在培养基上长出绒毛状的或絮状的圆形菌落，其菌落比其他微生物的大，有的可无限制地扩展。

霉菌都是依靠有机物生活的微生物，能分解碳水化合物、脂肪、蛋白质及其他含氮有机化合物。大多数霉菌生活时需要氧气。适宜的生活温度在 20~30℃ 之间，适宜的 pH 值范围为 4.5~6.5。因为它们既能产生有机酸，也能产生氨去调整酸碱度，所以某些种类可以生存于 pH 值 1~10 之间的环境中。这对工业废水的生物处理有着重要的意义。

未受污染的天然水，一般很少含有真菌。如河道受到严重污染，就可在河底的灰白色沉积物中发现真菌。污水中霉菌的种类相当多，例如节水霉。

在活性污泥法的废水处理构筑物内，真菌的种类和数目一般没有细菌和原生动物多，其菌丝常能用肉眼看到，形如灰白色的棉花丝，粘着在沟渠或水池的内壁（粘着的丝状物中，除真菌外，还可能有一些丝状细菌）。在生物滤池的生物膜内，真菌形成广大的网状物，可能起着结合生物膜的作用。在活性污泥中，若繁殖了大量的霉菌，也会引起污泥膨胀。

某些霉菌如镰刀霉等能有效地氧化分解无机氰化物（ CN^- ），去除率可达 90% 以上，对有机氰化物（腈）的处理效果则差些。因此，国内外都在进行利用霉菌处理含氰等废水的研究。另外，由于某些霉菌的蛋白质含量较高，可利用这些霉菌进行废水的单细胞蛋白处理。

四、藻类

（一）藻类的形态及生理特征

藻类是一种低等植物，它们的种类很多，有单细胞的，也有多细胞的，按照其形态构造、色素组成等特点，藻类可分为十纲，主要的有蓝藻、绿藻、硅藻、褐藻和金藻等。蓝藻是原核生物，故又称蓝细菌。