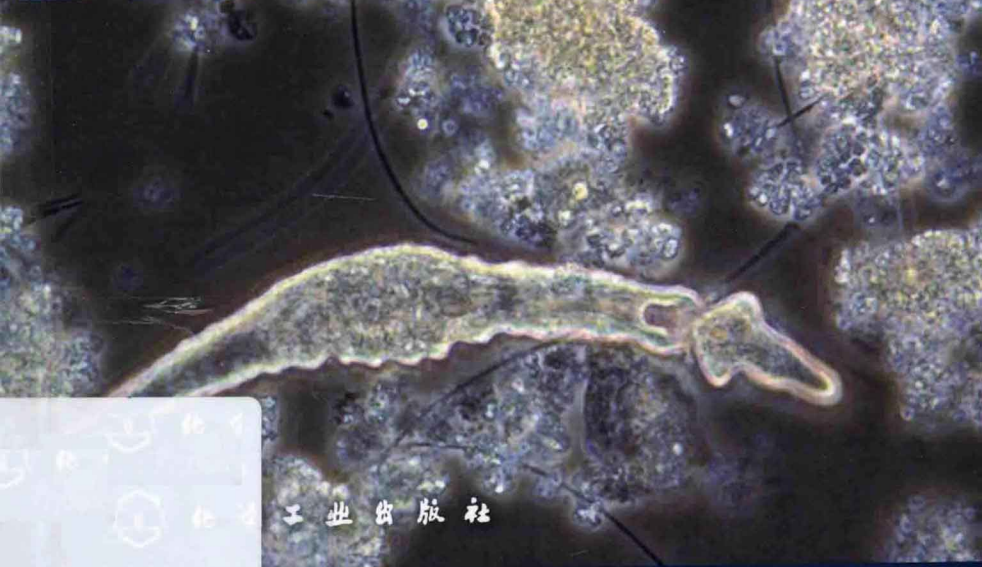


污水处理的生物相诊断

[日] 株式会社 西原环境 著
(株式会社西原環境)

赵庆祥 长英夫 译

BIOPROFILE



工业出版社

污水处理的 生物相诊断

[日] 株式会社 西原环境 著
(株式会社西原環境)

赵庆祥 长英夫 译



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

污水处理的生物相诊断/[日]株式会社西原环境著;赵庆祥,
长英夫译.—北京:化学工业出版社,2012.7

ISBN 978-7-122-14409-6

I.污… II.①株…②赵…③长… III.污水处理设备-生物相-
研究 IV.X703

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第113147号

Copyright © 株式会社西原環境 2010

Original Japanese edition published by 株式会社産業用水調査会

Chinese simplified character translation rights arranged with 西原環保工程(上
海)有限公司 2011

Chinese edition printed and published by Chemical Industry Press

本书中文简体字版由株式会社西原环境授权化学工业出版社独家出版发行。
未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分,违者必究。

北京市版权局著作权合同登记号:01-2012-4502

责任编辑:左晨燕

责任校对:宋 夏

装帧设计:关 飞

出版发行:化学工业出版社

(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京画中画印刷有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张3¹/₄ 字数76千字

2012年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00元

版权所有 违者必究

中译本前言

生物法是世界各国废水处理最常用的方法，城市生活污水几乎都用生物法处理。因此，生物法运行调控的科学有效性对实现节能减排，保护水环境具有十分重要的作用和意义。生物法的主体是微生物，然而目前生物法的运行调控主要还是根据物理化学的分析结果，不能准确判断生物处理系统的真实状态，难以达到预期的调控目标。由日本株式会社西原环境著的《排水处理的生物相诊断》一书建立了污水处理的生物相诊断技术，把生物法运行调控从主要依靠物理化学分析转变为物理化学分析与生物相诊断技术相结合，使调控更加科学合理有效。

该书是原著者西原环境公司三十多年实践经验的总结，汇集了公司团队的集体智慧。在此衷心感谢西原环境公司为推动中日文化技术交流积极支持中译本的出版。

执笔者天下信子女士尽力支持和推动该书中译本的出版，长英夫先生在百忙之中投入精力进行翻译和审校，并协调相关出版事宜。华东理工大学环境工程系孙贤波副教授对微生物名称的准确翻译提出了不少宝贵意见，在此一并致谢。

由于水平限制，特别是涉及微生物名称和行为的准确理解和表述难免存在不少问题，欢迎广大读者批评指正。

译者

2012年3月

前 言

将污水放置一定时间并吹入空气会产生絮凝性良好的絮状体，这就是活性污泥。用显微镜观察活性污泥，可看到茶色的污泥及围绕其周围活动的原生动物和微型后生动物。微生物只有适应环境的种类才能生存，因此，显微镜下观察到的这些微生物可以说是最适应这种环境的生物。根据观察到的生物种类来判断以活性污泥法为代表的曝气池污泥的环境（状态），这就是生物相诊断技术。

活性污泥中出现的生物有细菌类、真菌类、原生动物、藻类和微型后生动物等。原生动物、微型后生动物及部分细菌类总称为活性污泥的生物相。利用生物相对活性污泥法进行维护管理的历史已很长。生物相诊断的优点是：可了解从过去到现在为止整个过程的变化，预测维持现状继续运行的未来结果。缺点是：若状态发生急剧变化，指示生物从增殖到生物相处于稳定需要时间。因此，条件改变后不能立即进行诊断，同时进行诊断必须要有一定程度熟练的技能。

面向活性污泥法的水质管理者已出版了许多专著。在这些专著中刊载了表示原生动物和微型后生动物外部形态的插图、说明和黑白相片。用图表示的外部形态对显微镜观察熟练者是很喜欢的参考资料，但初学者要根据外部形态图和黑白相片，鉴别显微镜实际观察到的生物却并不容易。

株式会社西原环境技术（原名：西原环境卫生研究所）已将《活性污泥的生物相——从生物相进行维护管理》（文献1）1979年发行（以下称旧书）整理成书。该书作为一本污水处理维护管理者的生物相入门书，已得到许多读者的广泛利用。旧书发行以来已经历

了约30年，这次对旧书做了大幅度修改，由产业用水调查会正式出版。与旧书发行的30年前相比，指示生物没有变化，但生物分类体系已采用分子生物学方法，许多种群的分类做了修正。现在将进入新的分类体系时期，不过指示生物用旧分类表示更容易理解，故本书仍使用旧分类。从30年前公害对策以去除BOD为主要目的，到近年来要求在节能前提下将营养盐去除作为地球环境对策，经常能观察到的生物相已有所不同，这似乎反映了时代的变化。本书若能被广大从事水处理的工作者所利用，我们将感到十分荣幸。

株式会社西原环境技术 2008年11月

译者注：株式会社西原环境技术自2011年4月起更名为株式会社西原环境

目 录

1 生物相诊断的意义	1
2 生物相诊断的概要	3
2.1 活性污泥法过程中有机物的去除	3
2.2 细菌类去除有机物的机理	3
2.3 絮体状态与生物相的变迁	4
2.4 按有机负荷状态划分的五个群	6
I 群：负荷非常高状态下出现的生物	6
II 群：高负荷状态下出现的生物	6
III 群：负荷从高或低的状态趋向良好状态时出现的生物	6
IV 群：处理良好状态下出现的生物	6
V 群：负荷低或污泥停留时间长状态下出现的生物	7
3 生物相的观察方法	9
3.1 样品取样位置与操作	9
3.2 显微镜观察方法	10
3.3 生物量的计测方法	10
4 生物相图谱	13
4.1 曝气池的有机负荷状态与指示生物	14
I 群：负荷非常高状态下出现的生物	14
(1) 絮体与小型鞭毛虫类	14
(2) 新生态污泥的菌胶团	16
(3) 侧滴虫属 (<i>Pleuromonas</i>)	18

(4) 滴虫属 (<i>Monas</i>)	19
II 群: 高负荷状态下出现的生物	20
(5) 膜袋虫属 (<i>Cyclidium</i>)	20
(6) 尾丝虫属 (<i>Uronema</i>)	21
(7) 肾形虫属 (<i>Colpoda</i>)	22
(8) 草履虫属 (<i>Paramecium</i>)	23
III 群: 负荷从高或低的状态趋向正常状态时出现的生物	24
(9) 斜管虫属 (<i>Chilodonella</i>)	24
(10) 漫游虫属 (<i>Litonotus</i>); 扭曲管叶虫 (<i>Trachelophyllum</i>)	26
(11) 裂口虫属 (<i>Amphileptus</i>)	28
(12) 棘尾虫属 (<i>Stylonychia</i>)	29
(13) 单镰虫属 (<i>Drepanomonas</i>)	30
IV 群: 处理良好状态下出现的生物	31
(14) 良好的絮体	31
(15) 楯纤虫属 (<i>Aspidisca</i>)	32
(16) 钟虫属 (<i>Vorticella</i>)	34
(17) 独缩虫属 (<i>Carchesium</i>)	37
(18) 盖纤虫属 (<i>Opercularia</i>)	38
(19) 等枝虫属 (<i>Epistylis</i>)	40
(20) 摩门虫属 (<i>Thuricola</i>)	42
(21) 锤吸虫属 (<i>Tokophrya</i>)	43
V 群: 负荷低或污泥停留时间长状态下出现的生物	44
(22) 有解体气味的分散絮体或糊状絮体	44
(23) 单领鞭毛虫属 (<i>Monosiga</i>)	46
(24) 沟滴虫属 (<i>Petalomonas</i>)	48
(25) 袋鞭虫属 (<i>Peranema</i>)	49
(26) 内管虫属 (<i>Entosiphon</i>)	50

(27) 前管虫属 (<i>Prorodon</i>)	51
(28) 表壳虫属 (<i>Arcella</i>)	52
(29) 厢壳虫属 (<i>Pyxidicula</i>)	53
(30) 匣壳虫属 (<i>Centropyxis</i>)	54
(31) 磷壳虫属 (<i>Euglypha</i>)	55
(32) 变形虫 (<i>Amoeba</i>) 类	56
(33) 板壳虫属 (<i>Coleps</i>)	57
(34) 游仆虫属 (<i>Euplotes</i>)	58
(35) 赭纤虫属 (<i>Blepharisma</i>)	60
(36) 旋口虫属 (<i>Spirostomum</i>)	61
(37) 鬃毛虫属 (<i>Chaetospira</i>)	62
(38) 鲃虫属 (<i>Chaetonotus</i>)	63
(39) 轮虫属 (<i>Rotaria</i>)	64
(40) 旋轮虫属 (<i>Philodina</i>)	66
(41) 鞍甲轮虫属 (<i>Lepadella</i>)	67
(42) 腔轮虫 (<i>Lecane</i>)	68
(43) 水熊 (熊虫) (<i>Macrobiotus</i>)	70
(44) 链涡虫属 (<i>Catenula</i>)	71
4.2 曝气池异常状态时的指示生物	72
A组: 氧不足进行状态下出现的生物	72
(45) 硫细菌 (<i>Sulfur bacteria</i>): 硫杆菌, 螺旋菌 (<i>Spirillus</i>)	72
(46) 螺旋体 (<i>Spirochaeta</i>)	74
(47) 异毛目水母虫 (<i>Caenomorpha</i>)	76
B组: 存在死水区状态下出现的生物	77
(48) 颤体虫 (<i>Aeolosoma</i>)	77
(49) 仙女虫 (<i>Nais</i>)	78
(50) 线虫 (<i>Nematoda</i>)	80

C组：引起污泥膨胀的丝状细菌	82
(51) 球衣菌属 (<i>Sphaerotilus</i>)	82
(52) 021N型	84
(53) 贝氏硫细菌 (<i>Beggiatoa</i>)	86
D组：引起发泡的生物	88
(54) 放线菌	88
参考文献	90

1 生物相诊断的意义

曝气池生物相诊断是根据出现的生物种类和数量来判断曝气池状态的一种技术。污水处理厂生物处理中出现的生物都是能飞散到大气中的生物。存在于土壤和大气中的生物被认为是通过雨水等各种途径混入下水道，最终汇集到污水处理厂的。微生物只有适应环境的种类才能生存，因此，混入进来的生物中适应曝气池环境的微生物种类才增殖，环境发生变化，能够生存的微生物也会变迁。若预先找到了增殖微生物（指示生物）种类与适应环境之间的基本规律，那么观察出现微生物的种类和数量（生物相），就能判断曝气池的状态。

本书中指示生物分为：按曝气池的微生物有机负荷状态定性地分为五个群时的指示生物及曝气池异常状态时的指示生物。每个群（组）的指示生物其体形、大小、游泳方式和生活类型等特征有很多相似之处，即使不知道每个生物的正确名称，只要观察到类似某个群特征的生物就可作为诊断的参考。指示生物是指显微镜观察能够识别、鉴定的原生动物、微型后生动物和一部分细菌类。参考本书的相片和插图，若能识别显微镜观察到的生物种类属于哪个群，诊断曝气池的状态就迈出了第一步。

通常的水质分析值在连续处理过程中只表示取样这一点的状态。为了取得有代表性的平均值可进行多点采样，但仍然有局限性，例如假定有少量有毒物质混入到了污水处理厂，除非毒物混入时间与取样时间重叠，否则难以掌握是否有毒物混入。而用生物相诊断只要曝气池的生物受到毒物影响，毒物混入后就能推测出来。生物相诊断即使出现的生物种类发生了变化，因为它的尸体和痕迹还残留着，过去的状态大致也能判断出来。同时，掌握初始增殖的生物就能预测继续保持相同条件时的未来。生物相诊断具有不仅能

了解现状，还能掌握随时间变化的特点。然而生物相诊断随着状态的变化，生物相从变化到趋于稳定，生物增殖等需要时间。进行水质管理时，把日常检测项目、水质试验和活性污泥法试验的结果与生物相诊断结合起来综合判断十分重要。

2 生物相诊断的概要

2.1 活性污泥法过程中有机物的去除

流入曝气池的有机物主要由好氧细菌和兼氧细菌分解去除。分解去除的机制是细菌类通过利用分子态溶解氧呼吸，将一部分有机物氧化分解为无机的二氧化碳和水，其余大部分有机物用于合成细胞。呼吸获得的大量能量被细菌类生命活动及细胞合成所消耗。

流入的有机物、细菌和溶解氧的量三者处于良好的平衡状态时，有机物几乎全部被分解去除。平衡状态好，细菌类形成沉降性能优良、絮凝性良好的活性污泥絮体，因而能得到良好的处理水质。平衡状态恶化，流入的有机物量比细菌类所需要的多时，即使有足够的溶解氧存在，有机物也来不及分解去除，随处理水流出。此时细菌类在不断增殖，絮体没有絮凝性，因而在沉淀池中无法进行固液分离。若恶化继续，连细菌数量也变得难以维持。相反，有机物量比细菌类所需要的少，单位数量细菌得到的能量少，细胞合成量减少。因此，曝气池的污泥停留时间延长，絮体失去絮凝性，成分散状态随处理水流出。即使有机物量比细菌类所需要的少，若溶解氧量成了制约因素，溶解氧量少，分解速度慢，因而有机物量接近过多状态。

捕食游离细菌生活的是原生动物和微型后生动物等小动物。原生动物、微型后生动物不直接分解流入的有机物，而捕食活性污泥中的不凝性细菌，有些种类可起到提高处理水透明度的作用。

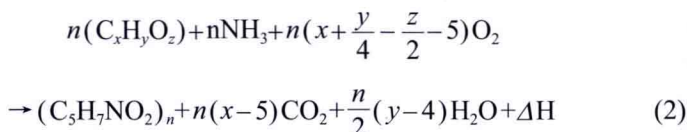
2.2 细菌类去除有机物的机理

表示好氧菌去除有机物的机理如下。有机物先被吸附到细菌的表面，其中中、低分子的有机物直接被摄入到菌体内，而高分子有机物则由胞外酶将其小分子化后摄入体内。摄入的一部分有机物利

用分子态溶解氧，通过好氧呼吸分解成二氧化碳和水。有机物是碳水化合物时的反应式用式（1）表示。



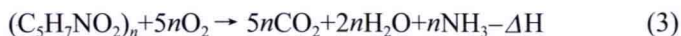
这个反应中产生的能量用作细菌类生命活动和细胞合成所需的能量。摄入菌体内后呼吸代谢未消耗的剩余有机物用于合成新细胞。其反应式用式（2）表示。



* $C_5H_7NO_2$ 表示好氧细菌类的定性式

式（1）、（2）表示流入的有机物全部被分解去除。

增殖的细菌类若因老化，细胞内能量贮存物质不足，则被细胞内的各种水解酶自氧化。反应式用式（3）表示。



式（1）～式（3）是曝气池中通常发生的有机物去除机制。

2.3 絮体状态与生物相的变迁

根据生物相对活性污泥法进行维护管理时，污水空曝（不投加生物，只通入空气）得到的生物种群的变迁，即摄取有机物增殖的细菌类随时间的变化，以及随有机物量与生物量之比（ F/M 比）的改变，原生动物和微型动物出现的先后顺序是生物相诊断的基础。

污水空曝时的活性污泥生物出现顺序示于图1。先是出现直接捕食流入基质（有机物）的细菌类，之后出现原生动物捕食细菌类，形成微型后生动物捕食原生动物和细菌类的食物链。详细表示图1中原生动物出现顺序的生物相变迁示于图2。

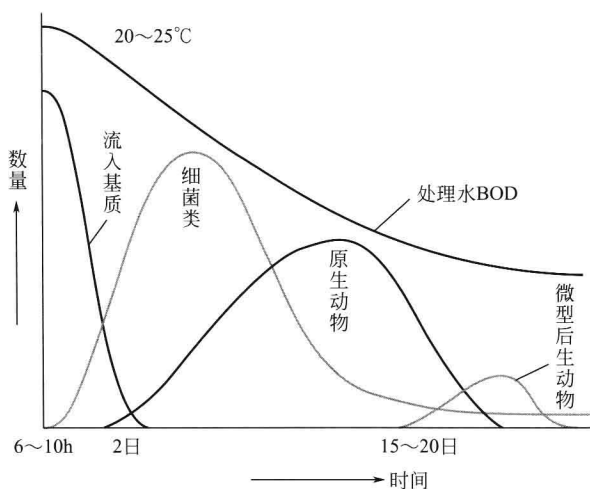


图1 污水空曝时的活性污泥生物出现顺序

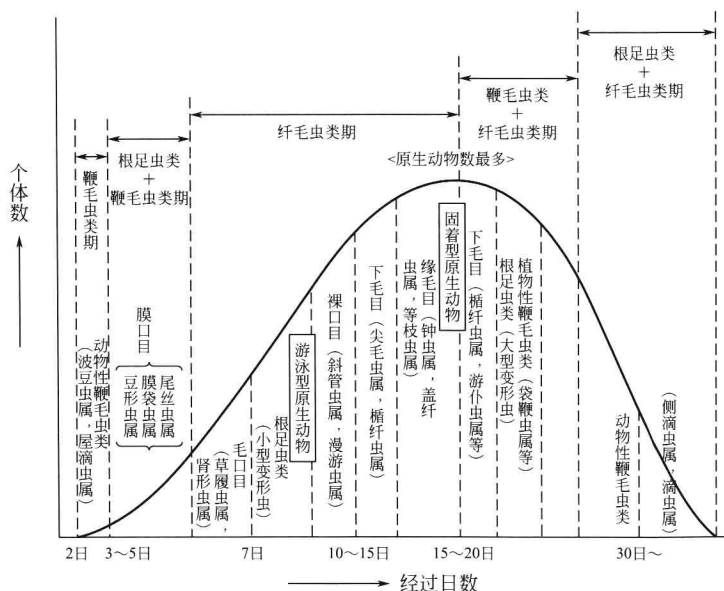


图2 活性污泥形成过程中生物相的变迁

2.4 按有机负荷状态划分的五个群

活性污泥法是将流入的有机物通过曝气转换成生物（絮体），再分离成处理水和固体的技术。维持固液分离性能良好的絮体状态是运行管理的重要操作因素。最好通过观察絮体的状态就能判断曝气池的状况，但实际上相当困难。取而代之，将有机负荷状态分为五个群，通过观察捕食细菌类的原生动物和微型后生动物的变迁来判断絮体的状态。每个群利用图1和图2确定原生动物和微型后生动物的指示生物。曝气池有机负荷状态分为以下五个群。

I 群：负荷非常高状态下出现的生物

相对有机物量细菌量非常少，絮体处于不凝性状态。细菌类不断增殖，游离细菌多，因此，出现很多有利于捕食不凝性细菌的小型鞭毛虫类。

II 群：高负荷状态下出现的生物

与I群相比有机物的分解在进行，细菌量在增加，絮体正在不断形成，但处理水中还残留未分解有机物的状态。细菌类的增殖还很活跃，游离细菌多。因此，出现很多相对虫体胞口小，全身被纤毛覆盖的椭圆形或蚕豆形游泳型纤毛虫类。

III 群：负荷从高或低的状态趋向良好状态时出现的生物

有机物进一步被氧化，处理水中已无未分解有机物。絮体的絮凝性良好，但周围还存在不凝性游离细菌，因而出现许多或在絮体周围游泳或钻入絮体内部捕食不凝性游离细菌的生物。这类生物相比虫体胞口占的比例比II群大。

IV 群：处理良好状态下出现的生物

细菌量、有机物量和溶解氧量三者处于良好的平衡状态，絮凝性好，粒径又大的絮体多起来。絮体的絮凝性变好，粒径变大就出现许多固定在絮体上，靠搅动水流捕食水中细菌类的缘毛目（日本名挂钟虫属）以及前端有圆形黏性吸管，捕捉游泳小虫、吮吸虫体原生质的吸管虫目生物。

V群：负荷低或污泥停留时间长状态下出现的生物

相对细菌类有机物量一直处于缺少状态。絮体多种多样，有的呈团块状，有的分散带有解体气味，也有的仍处于良好状态。因为污泥停留时间长，出现许多接近1000 μm 左右（1mm）的大型游泳型生物、微型动物、身体周围有硬壳的变形虫以及有粗鞭毛、轮廓清晰的植物性鞭毛虫类等。

同时增加了仅根据有机负荷不能判断的异常状态的四个组。

A组：溶解氧不足状态下出现的生物

B组：存在死水区状态下出现的生物

C组：引起污泥膨胀的丝状细菌

D组：引起发泡的生物

例如负荷低，污泥停留时间长的情况下能观察到V群的生物。负荷降低，减少空气量运行，曝气池的活性污泥混合不均匀，池底会出现氧气不足，这时可同时观察到V群的生物和溶解氧不足的生物。测定出现的指示生物数量后按群和组统计，最适应环境现状的生物个体数最多。根据I～V群和四个组生物数量的统计结果，就能掌握曝气池的大致状态。指示生物中也有运动少、识别困难的种类，因此，显微镜观察要反复多次，这是非常重要的。

曝气池状态的分组和指示生物是基于悬浮活性污泥法确定的，但污水和生活污水即使用其他处理方式，曝气池状态与指示生物的相关性基本相同。在微生物固定在载体上的生物膜法中，往往能观察到污泥停留时间长，存在死水区域出现的生物以及溶解氧不足状态下出现的生物。但若生物膜表面存在许多良好状态下出现的生物，大多数情况下处理没有问题。在同一个池内进行固液分离和氧化处理的间歇式活性污泥法中，也往往能观察到絮体内溶解氧不足状态下出现的螺旋体和贝氏硫细菌，但处理状况用活性污泥法基本相同的指标也能诊断。活性污泥法以外的处理方式，结合处理方式的特点做些说明是必要的，但基本的指示生物仍可作为参考。

工业废水处理时，由于进水的生物分解性难易程度，氮、磷、