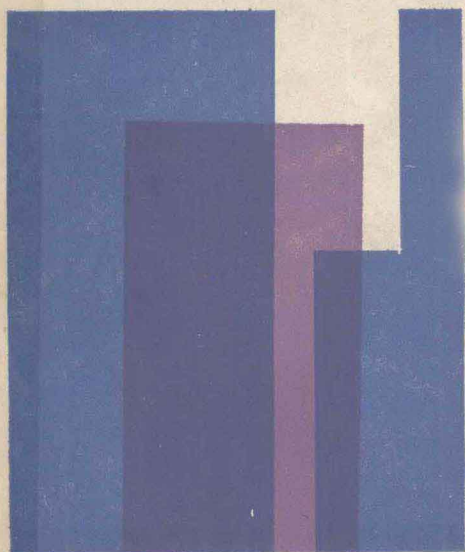


高等学校试用教材

水处理 微生物学基础

(第二版)

顾夏声 李献文 俞毓馨 编



中国建筑工业出版社

高等学校试用教材

水处理微生物学基础

(第二版)

顾夏声 李献文 俞毓馨 编

中国建筑工业出版社

本书是高等院校建筑给水排水工程专业和环境工程专业的试用教材，也可供给水排水和环境保护的工程技术人员参考。主要内容包括：微生物的形态、构造、生理特性，生长繁殖与变异，水的卫生细菌学，水体污染和废水生物处理中微生物的作用，微生物的研究方法以及微生物学实验等。

高等学校试用教材
水处理微生物学基础
(第二版)

顾夏声 李献文 俞毓馨 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(北京阜外南礼士路)

开本：787×1092毫米 1/16 印张：10 字数：242千字

1988年11月第二版 1988年11月第四次印刷

印数：26,571—34,260册 定价：2.05元

ISBN7-112-00421-7/X·10

统一书号：15040·5536

第二版前言

本书的第一版由清华大学顾夏声和北京建筑工程学院李献文编写。1980年4月出版以后，许多高等院校的给水排水专业和部份环境工程专业广泛选用作本科学生的教科书，部分本专业的技术人员也选本书作为参考书，因而需要量较多，曾三次重印。在此期间有些兄弟院校曾提出了一些宝贵意见并鼓励我们进行修订再版。

1986年4月“城乡建设环境保护部给水排水及环境工程类专业教材编审委员会”决定，此书由原编者修订再版，增补清华大学俞毓馨参加修订工作。此次修订于1986年9月开始由顾夏声、李献文、俞毓馨三人共同完成。主审仍由同济大学朱锦福和陈世和两同志担任。

此次修订仍保持了原有的章节及顺序。但作了以下一些修改：（1）根据1984年所颁布的《中华人民共和国法定计量单位》，做了必要的改动；（2）更改了部分微生物的名称；（3）对下列章节做了较多的增补和修改：引言；第二章：第二节、第三节；第三章：第二节；第四章：第一节、第六节；第五章：第三节；第八章：实验八等。

由于编者水平及时间所限，仍不免有不妥之处，务望广大读者批评指正。

编者

1987年8月

第一版前言

本书是根据1978年4月高等院校建筑类教材编写会议所制订的《水处理微生物学基础》教材编写大纲编写的,供给水排水工程专业学生使用。在编写过程中得到兄弟院校和有关单位的热情帮助,提出了宝贵的意见,在此表示感谢。

参加编写的有清华大学顾夏声(编写第一、二、三、七、八章及第六章第二、三、四、五、六节与附录)和北京建筑工程学院李献文(编写引言、第四、五章及第六章第一节)。参加审稿的有同济大学、重庆建筑工程学院、哈尔滨建筑工程学院、湖北建筑工业学院、湖南大学、北京工业大学、河北化工学院、北京建筑工程学院、清华大学等院校,同济大学朱锦福、陈世和同志担任主审。

由于我们水平有限,深入实际不够,时间也较仓促,书中定有不少错误之处,请读者批评指正。

编者

1979年5月

目 录

引言	1
第一章 细菌的形态和构造	3
第一节 细菌的外形和大小	3
第二节 细菌细胞的构造	3
第二章 细菌的生理特性	7
第一节 细菌的营养	7
第二节 酶及其作用	9
第三节 细菌的呼吸	15
第四节 其它环境因素对细菌的影响	20
第三章 细菌的生长繁殖和细菌的遗传与变异	24
第一节 细菌的繁殖和生长曲线	24
第二节 细菌的遗传与变异	27
第四章 其它微生物	41
第一节 放线菌和丝状细菌	41
第二节 真菌	45
第三节 藻类	47
第四节 原生动物	50
第五节 后生动物	57
第六节 病毒和噬菌体	58
第七节 微生物之间的关系	61
第八节 水中微生物的控制方法	64
第五章 水的卫生细菌学	69
第一节 水中的细菌及其分布	69
第二节 水中的病原细菌	69
第三节 大肠菌群和生活饮用水的细菌标准	71
第四节 水的卫生细菌学检验	73
第五节 水中的病毒及其检验	75
第六章 水体污染和废水生物处理中微生物的作用	77
第一节 水体的污染、自净和指示生物	77
第二节 废水在微生物作用下的分解	84
第三节 不含氮有机物质的分解	85
第四节 含氮有机物质的分解	89
第五节 无机元素的转化	92
第六节 废水的好氧生物处理和厌氧生物处理	95
第七章 微生物的研究方法	104
第一节 微生物的观察	104

第二节 微生物的培养和纯种分离.....	105
第三节 微生物的保藏与复壮.....	110
第四节 灭菌.....	111
第五节 无菌操作.....	112
第八章 微生物学实验.....	113
实验一 显微镜的使用及微生物形态的观察.....	113
实验二 微型动物的计数.....	117
实验三 细菌、霉菌、酵母菌、放线菌形态的观察.....	118
实验四 微生物的染色.....	119
实验五 培养基的制备及灭菌.....	121
实验六 微生物纯种分离、培养及接种技术.....	124
实验七 纯培养菌种的菌体、菌落形态观察.....	127
实验八 微生物的生理生化特性.....	127
实验九 大肠杆菌生长曲线的测定.....	139
附录.....	141
甲、 活性污泥混合液耗氧速率的测定.....	141
乙、 鱼类毒性试验.....	142
丙、 废水生物处理过程中常见的微生物.....	145
主要参考书.....	152

引言

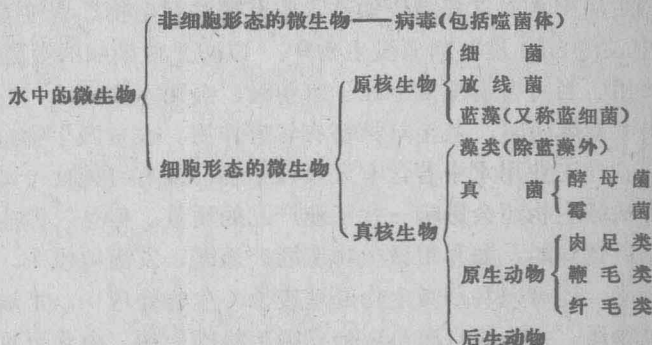
一、水处理微生物学的研究对象

微生物都是个体很小的生物，其大小要用 μm （微米）[●]来量测，因此一般用肉眼都看不见，只有在显微镜下把它们放大后，才能看到。

研究微生物的科学称为微生物学。微生物学研究微生物的形态、分类和生理等特性，研究它们生活的环境条件和它们在自然界物质转化中所起的作用以及控制它们生命活动的方法。由于微生物的种类很多，应用很广泛，因而在医学、农业、环境保护和某些工业生产等领域中，对微生物的研究各有侧重。本书是在研究微生物的一般形态和生理特性的基础上，着重讨论与水处理有关的问题。

二、水中常见微生物的类型及其特点

自然界中各种生物的种类繁多，生物学家以客观存在的生物属性为依据，将生物分门别类。目前多按界、门、纲、目、科、属、种来分类。有时在种以下还要进行更细致的区分。由于目前国内外在分类学方面还不统一，所以本书暂不深究这些分类方法，需要时可查阅专门的书籍。根据一般概念，给水排水工程中常见的微生物如下：



上述微生物中，大部分是单细胞的，其中藻类在生物学中属于植物学讲授范围，原生动物及后生动物属于无脊椎动物范围。严格地说，其中个体较大者，不属于微生物范围内。

此外，还须注意一种用光学显微镜看不见的生物，例如病毒。一般光学显微镜无法辨认小于 $0.2\mu\text{m}$ 的物体，而病毒个体一般小于 $0.2\mu\text{m}$ ，可称为超显微镜微生物。

微生物除具有个体非常微小这个特点外，还具有下列几个特点：

1. 种类繁多。由于微生物种类繁多，因而对营养物质的要求也不相同。它们可以分别利用自然界中的各种有机物和无机物作为营养，使各种有机物分解成无机物（所谓无机化

● $1\text{ mm}(\text{毫米}) = 10^3\mu\text{m}(\text{微米}) = 10^6\text{nm}(\text{纳米})$

或矿质化)，或使各种无机物合成复杂的碳水化合物、蛋白质等有机物。所以微生物在自然界的物质转化过程中起着重要的作用。

2. 分布广。微生物个体小而轻，可随着灰尘四处飞扬，因而广泛分布于土壤、空气和水体等自然环境中。因土壤中含有丰富的微生物所需要的营养物质，所以土壤中微生物的种类和数量特别多。

3. 繁殖快。大多数微生物在几十分钟内可繁殖一代，即由一个分裂为两个。如果条件适宜，经过十小时就可繁殖为数亿个。

4. 容易发生变异。这一特点使微生物较能适应外界环境条件的变化。

微生物的生理特性，以及上面列举的四个特点，是废水生物处理法的依据。废水和微生物群体在处理构筑物中充分接触时，能作为养料的物质（大部分的有机化合物和某些含硫、磷、氮等的无机化合物）即被微生物利用、转化，从而使废水的水质得到改善。当然，在废水排入水体之前，还必须除去其中的微生物，因微生物本身也是一种有机杂质。

在各类微生物中，细菌与水处理的关系最密切，所以本书将着重讨论细菌的形态结构和生理特性以及它们在水处理过程中所起的作用。

三、微生物在给水排水工程中的作用

建国以来，党和政府一向关怀人民的健康，重视环境保护工作。五届人大通过的新宪法第十一条中就规定：国家保护环境和自然资源，防治污染和其它公害。给水排水工作的任务就是要供给人民合乎标准的生活用水、生产用水和消防用水，还需要解决生活污水、工业废水和雨水的排除、处理和利用的问题，也就是要解决水的污染和公害的防治问题。要供应人民合乎卫生标准的生活用水，首先就要知道水中有哪些微生物，哪些微生物是致病的，并在给水净化工作中设法去除这些病原微生物^①，以防止传染病的蔓延。水的物理、化学性质也影响它的使用。当有大量藻类存在于水中时，会使水变浑浊，并产生颜色或发出不良气味，有些藻类大量繁殖时，甚至对牲畜有毒害作用。大量微生物也可能阻塞滤池，影响水厂的正常运行。在工业用水中若含有大量微生物，就有可能使冷却器、凝结器等设备和管道堵塞，而有些微生物还会影响一些工业产品的质量。但是，微生物也有对人类有益的一面，除了人们所熟知的，如利用微生物造酒、造醋、发面做馒头、生产各种抗菌素等用途之外，如上所述，还可以利用微生物处理废水（生物处理），把废水中的有机污染杂质转化为无害的矿物质。水体的自净也要依靠微生物的作用。由此可见，微生物在给水排水工程中也起着很重要的作用。给水排水和环境保护的工程技术人员，必须掌握水处理微生物学的基本知识，了解水微生物的形态、生理特性和控制它们的方法，基本掌握微生物在水处理中的作用机理和规律，以便有效地去除水中有害的微生物，或者为有益的微生物创造适宜的繁殖条件，而提高废水处理的效率。同时还必须掌握水中微生物的检验方法，以确定水和废水的生物学性质；在环境保护工作中还必须根据水微生物的检验结果，判定水体污染和自净的程度，从而保护环境、造福人民。总而言之，《水处理微生物学》是给水排水和环境保护工作者必须掌握的重要技术基础知识。

① 能引起人或动植物疾病的微生物，叫做病原微生物。

第一章 细菌的形态和构造

第一节 细菌的外形和大小

细菌是微小的、单细胞的、类似植物的生物，但缺乏叶绿素和明显的细胞核，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，目前已使用了各种细菌的染色法（染色原理见第七章），把细菌染成红的、紫的或其它一些颜色。这样，在显微镜下看起来，细菌的轮廓就很清楚。

就菌体的外形来看，细菌可分作三大类型——球菌、杆菌和螺旋菌，见图1-1。

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；成串状的，称链球菌；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、马再氏小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、假单胞菌和奥氏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。

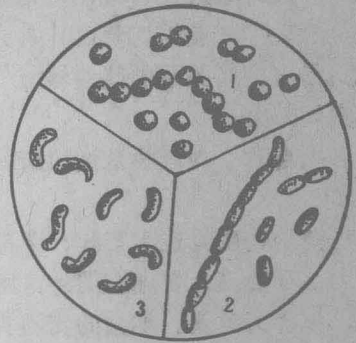


图 1-1 细菌的各种形态
1—球菌；2—杆菌；3—螺旋菌

第二节 细菌细胞的构造

细菌虽然微小，但是它们的内部构造却相当复杂。一般说，细菌的构造可分为基本构造和特殊构造两种；特殊构造只为一部分细菌所具有。

细菌的基本构造包括细胞壁和原生质体两部分。原生质体位于细胞壁内，包括细胞膜（细胞质膜）、细胞质、核质和内含物。

1. 细胞壁 细胞壁是细胞最外面的一层薄膜，具有较强的坚韧性，起固定细菌形态和保护细胞的作用。细菌的细胞壁和植物一样，比较坚硬，但其化学成分和高等植物的细胞

壁不同，后者主要是纤维素物质，而前者则常是由一些非纤维素的物质（如蛋白质，类脂质和多糖等）组成。

2.细胞膜 细胞膜是一层紧贴着细胞壁而包围着细胞质的薄膜（厚约7~8mm），其化学组成主要是脂类、蛋白质和糖类。这种膜具有选择性吸收的半渗透性，膜上具有与物质渗透有关的酶类，在吸收营养物质和排除废物方面起着重要作用。由于它含有核糖核酸的成分，所以是嗜碱性的，即与碱性染料结合能力较强。

3.细胞质 细胞质是一种无色透明而粘稠的胶体，其主要成分是水、蛋白质、核酸和脂类等。细胞质内具有各种酶系统，能不断地进行新陈代谢活动（见第二章）。幼令菌的细胞质非常稠密、均匀、很容易染色。成熟细胞的细胞质内含有不少颗粒状的贮藏物质，又由于细菌的生命活动产生了许多空泡，染色能力较差，因此着色不均匀。根据染色特点，我们可以通过观察染色均匀与否来判断细菌是处于幼龄还是衰老阶段。

4.核质 一般的细菌仅具有分散而不固定形态的核质。核或核质内几乎集中有全部与遗传变异有密切关系的某些核酸（如脱氧核糖核酸DNA），所以常称核是决定生物遗传性的主要部分。

5.内含物 内含物是细菌新陈代谢的产物，或是贮备的营养物质，如聚 β 羟基丁酸、硫粒等。

细菌的特殊构造有荚膜、芽孢和鞭毛三种。

（1）荚膜 在细胞壁外常围绕着一层粘液，厚薄不一。比较薄时称为粘液层，相当厚时，便称为荚膜。细菌的荚膜有保护作用，是一种多糖类物质。当营养缺乏时，细菌可以利用荚膜多糖作为它的碳源和能源物质。荚膜一般厚于200nm，其硬度和弹性远远小于细胞壁。肺炎球菌、炭疽杆菌等都能生成荚膜。

有的细菌，如硫磺细菌、铁细菌和球衣细菌的丝状体周围的粘液层会逐渐硬质化，而形成所谓鞘。

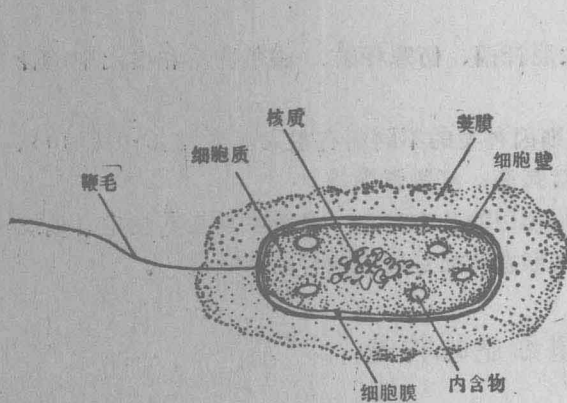


图 1-2 细菌细胞构造的模式图

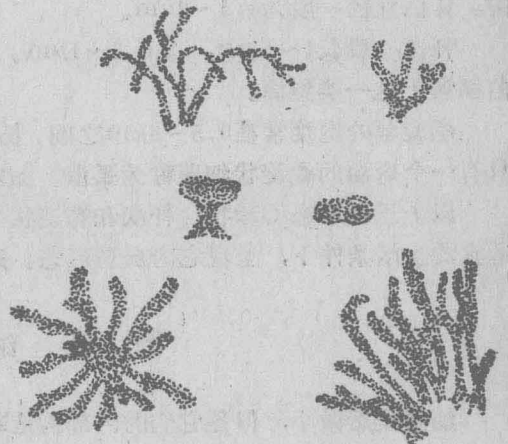


图 1-3 菌胶团

当荚膜物质相融合成一团块，内含许多细菌时，称为菌胶团。并不是所有的细菌都能形成菌胶团，凡是能够形成菌胶团的细菌，则称为菌胶团细菌。不同细菌形成不同形状的菌胶团，有分枝状的、垂丝状的、球形的、椭圆形的、蘑菇形的、片状的以及各种不规则

形状的。菌胶团细菌包藏在胶体物质内，一方面对动物的吞噬起保护作用，同时也增强了它对不良环境的抵抗能力。菌胶团是活性污泥（废水生物处理构筑物曝气池中所形成的污泥）的重要组成部分，有较强的吸附和氧化有机物的能力，在废水生物处理中具有较为重要的作用。一般说，处理生活污水的活性污泥，其性能的好坏，主要可根据所含菌胶团多少、大小及结构的紧密程度来定。新生菌胶团（即新形成的菌胶团）颜色较浅，甚至无色透明，但有旺盛的生命力，氧化分解有机物的能力强。老化了的菌胶团，由于吸附了许多杂质，颜色较深，看不到细菌单体，而象一团烂泥似的，生命力较差。一定种的细菌在适宜环境条件下形成一定形态结构的菌胶团，而当遇到不适宜的环境时，菌胶团就发生松散，甚至呈现单个细菌，影响处理效果。因此，为了使废水处理达到较好的效果，要求菌胶团结构紧密，吸附、沉降性能良好。这就必须满足菌胶团细菌对营养及环境的要求。

（2）芽孢 在部分杆菌（如炭疽杆菌、枯草杆菌）和极少数球菌（如尿八联球菌）的菌体内能形成圆形或椭圆形的结构，称为芽孢；其位置可能在菌体的中央，也可能在菌体的一端。芽孢不是繁殖体。芽孢是怎样形成的？说法有两种：一种认为芽孢是某些细菌菌体发育过程中的一个阶段，在一定的环境条件下由于细胞质和核质的浓缩凝集所形成的一种特殊结构；另一种则认为细菌只有在遇到环境条件变恶劣时，才产生芽孢并以芽孢来渡过恶劣环境，一旦遇到适宜条件就发芽成新的营养体。因此，就认为芽孢是抵抗恶劣环境的一个休眠体。不管芽孢是怎样形成的，但都有这样的特点：其壁厚；水分少，一般在40%左右；不易透水；代谢活力也较弱，所以能够抵抗极不适宜的环境。一般说，普通细菌在70~80℃时煮10min就死亡，而芽孢在120~140℃时还能生存几小时，又如在5%石炭酸（苯酚）溶液中普通细菌很快死亡，而芽孢能忍耐15d之久。在废水生物处理过程中，特别是处理有毒废水时都有芽孢杆菌生长。

由于不是所有的细菌都能形成芽孢，芽孢的位置、大小也因菌种不同而不同，所以芽孢是鉴别菌种的形态特征之一。在杆菌中凡能形成芽孢的叫芽孢杆菌，不能形成芽孢的杆菌就称杆菌。能形成芽孢的细菌都是革兰氏染色阳性的细菌。

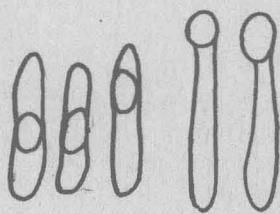


图 1-4 芽孢形状及位置

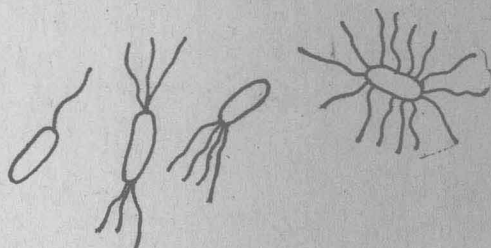


图 1-5 鞭毛

（3）鞭毛 鞭毛是由细胞质而来的，起源于细胞质的最外层即细胞膜，穿过细胞壁伸出细菌体外。其在菌体上的位置和数目随菌种而有不同，有的在细菌的一端只有一根，如霍乱弧菌，有的细菌的两端各有一根，有的成束，有的则布满菌体周围，如伤寒杆菌、大肠杆菌。鞭毛也不是一切细菌所共有，一般的球菌都无鞭毛。大部分杆菌和所有的螺旋菌则具有鞭毛。具有鞭毛的细菌能真正运动，无鞭毛的细菌在液体中只能呈分子运动。

鞭毛的直径约为菌体的二十分之一，需用特殊的染色法或用电子显微镜才能看到。

复习思考题

1. 细菌的大小一般是用什么单位来量测的？
2. 以形状来分，细菌可分为哪几类？
3. 简单说明细菌的一般构造。细菌有哪些特殊构造？
4. 什么叫菌胶团？菌胶团在废水生物处理中有何特殊意义？
5. 试述细菌芽孢的特征，为什么具有芽孢的细菌能够抵抗不良的环境？



第二章 细菌的生理特性

细菌的生理特性，主要从三方面来分析：（1）营养；（2）呼吸；（3）其它环境因素对它们生活的影响。

第一节 细菌的营养

细菌要维持其生命必须进行新陈代谢。

新陈代谢是维持生命的各种活动（如生长、繁殖、运动等）过程中，生物化学变化（包括物质的分解合成）的总称。细菌的新陈代谢，是细菌不断地从外界环境摄取其生长与繁殖所必需的营养物质，同时又不断地将自身产生的代谢产物（废物）排泄到外界环境中去的过程。新陈代谢包括两个作用，即同化作用和异化作用。

新陈代谢 { 同化作用——吸收能量，进行合成反应，将吸收的营养物质转变为细胞物质。
异化作用——分解反应，放出能量，是将自身细胞物质和细胞内的营养物质分解的过程。

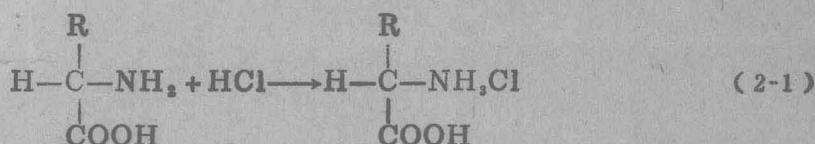
异化作用和同化作用是密切配合的；异化作用为同化作用提供物质基础及能量来源，同化作用又为异化作用提供基质。

细菌种类繁多，各种细菌要求的营养物质不尽相同，自然界中的所有物质几乎都可以被这种或那种细菌所利用，甚至对一般机体有毒害的某些物质，如硫化氢、酚等，也是某些细菌的必需营养物。因此，细菌的营养类型是多种多样的。但就某一种细菌来说，它们对其必需的营养物有特定的要求。

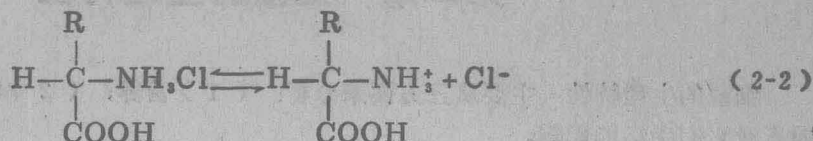
一般讲，细菌所需的营养物质必须包括组成细胞的各种原料和产生细菌进行生命活动所需能量的物质。在细菌细胞内，除含有大量水分（约占80~85%）外，还含有约15~20%的干物质。在这些干物质中蛋白质约占80%，碳水化合物约占4%，脂肪约占5~7%，灰分元素约占10%左右，还有少量维生素等。另外细胞中还含有镁、钾、钙、铁、锰、铜、锌、钴等元素，因为这些元素含量极少，故常称微量元素。蛋白质由碳、氢、氧、氮等元素所组成，碳水化合物和脂肪由碳、氢、氧组成。灰分元素是菌体内无机盐类的主要组成成分，其中以磷、硫的含量较高，碳和氮是构成菌体成分的重要元素，碳水化合物也是大多数细菌所需能量的来源。水是很好的溶剂，细菌的营养物质须溶解于水才能渗透到菌体内，菌体的一切生理过程包括分泌、排泄等也都需要水。无机盐和维生素是调节代谢作用所不可缺少的，无机盐也是构成菌体的成分。

由于细菌个体很小，且其体内含有大量蛋白质，蛋白质是带电的，所以细菌也带电荷。为什么蛋白质带有电荷？蛋白质是一种胶体物质，由许多氨基酸组成。氨基酸是两性化合物，既能与酸作用又能与碱作用。如以 $R \cdot CHNH_2 \cdot COOH$ 代表氨基酸，和酸与碱的反应如下：

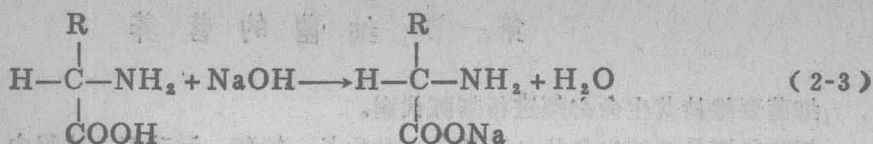
与酸反应：



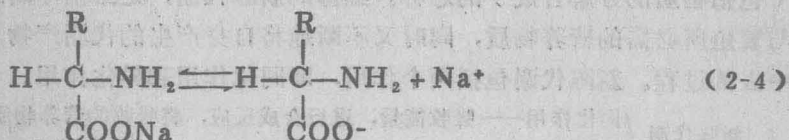
解离,



与碱反应,



解离,



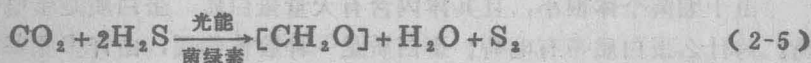
组成细菌菌体蛋白质的等电点约在pH2~5之间,因此,在中性、碱性或弱酸性溶液中,细菌带负电。在等电点的pH时,细菌所带的负电荷和正电荷相等。

由于细菌种类不同,它们所需要的营养料也不一样。有的细菌营养要求简单,能在完全含无机物的环境中生长繁殖,这类细菌叫做自养菌(也称无机营养型细菌)。它们以二氧化碳或碳酸盐作为碳素养料的来源(碳源),铵盐或硝酸盐作为氮素养料的来源(氮源),来合成菌体成分。它们生命活动所需的能则来自无机物或来自阳光。有的细菌需要有机物质方能生长,这类细菌称为异养菌(或有机营养型细菌)。它们主要以有机碳化合物,如碳水化合物、有机酸等,作为碳素养料的来源,并利用这类物质分解过程中所产生的能量作为进行生命活动所必需的能源。细菌的氮素养料则是无机的或有机的氮化物。在自然界中,绝大部分细菌都是异养菌。其它各种微生物,根据它们对于营养要求的不同,也可分属于自养和异养这两大类。

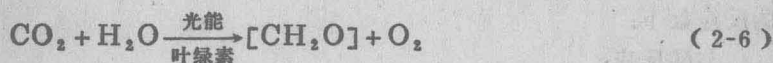
根据生活所需能的来源的不同,自养菌可分为光能营养和化能营养两类。

1. 光能营养 属于这一类的细菌都含有光合色素,能进行光合作用。例如:绿色细菌(Chlorodium)含有菌绿素(近似有色植物的叶绿素)能利用光能,从二氧化碳合成细胞所需的有机物质。但这种细菌进行光合作用时,除了需要光能以外,还要有硫化氢存在,它们在硫化氢中获得氢,而高等植物则是在水的光解中获得氢以还原二氧化碳。

绿色细菌:



高等绿色植物:



式中 $[\text{CH}_2\text{O}]$ 表示最初合成的有机碳化合物。

2. 化能营养 有些细菌, 如硝化细菌、铁细菌、某些硫磺细菌等, 能氧化一定的无机化合物, 利用其所产生的化学能, 还原二氧化碳, 合成有机碳化合物, 这一作用称为化学合成作用。例如: 硝化细菌中的亚硝酸细菌可推进下列反应:



化能营养细菌的专性强, 一种细菌只能氧化某一种无机物质, 如上述的亚硝酸细菌就只能氧化铵盐。自然界中化能营养细菌的分布较光能营养细菌普遍, 对于自然界中氮、硫、铁等物质的转化具有重大的作用。

在异养细菌中, 有很多从死的有机残体中获得养料而生活, 仅少数生活在活的生物体中, 前者称为腐生细菌, 后者称为寄生细菌。腐生细菌在自然界的物质转化中起着决定性作用, 而很多寄生细菌则是人和动植物的病原细菌。

以上所讲的水分、碳素养料、氮素养料、无机盐类和维生素等都是细菌等微生物所需要的, 但不同的微生物对每一种营养元素需要的数量是不相同的, 并且要求各种营养元素之间有一定的比例关系, 主要是指碳氮的比例关系, 通常称碳氮比。有人做过试验: 根瘤菌要求碳氮比为11.5:1, 固氮菌要求碳氮比为27.6:1, 土壤中许多微生物在一起生活, 综合要求的碳氮比约为25:1。废水生物处理中, 微生物群体对营养物质也有一定的比例要求, 详见第六章第六节。

应该指出, 细菌往往先利用现成的容易被吸收、利用的有机物质, 如果这种现成的有机物质的量已满足它的要求, 它就不利用其它的物质了。在工业废水生物处理中, 常加生活污水以补充工业废水中某些营养物质的不足。但如工业废水中的各种成分已基本满足细菌的营养要求, 则反而会把细菌养“娇”, 因在一般情况下生活污水中的有机物比工业废水中的容易被细菌吸收利用, 因而影响工业废水的净化程度。

细菌没有特殊的摄食器官, 那末, 它们是怎样吸收营养物质的呢? 又为什么在细菌的作用下有机物能十分迅速地氧化分解成无机物呢? 这里, 酶起着重要的作用。下节将介绍有关酶的一些性质和作用。

第二节 酶 及其 作用

一、酶及其命名和分类

酶是生物细胞中自己制成的一种催化剂(生物催化剂), 其基本成分是蛋白质, 催化效率比一般的无机催化剂高得多, 一般高达千、万倍, 乃至千万倍。

酶具有高度的专一性, 一种酶只能催化一种反应或一类相似的反应。酶不仅能推动分解作用, 而且也可以推动相应的合成作用, 也就是说, 酶的作用是可逆的。但在实际情况下, 作用常趋向一个方向。热力学条件是影响反应方向的重要因素。

酶的名称，可根据它的作用性质或它的作用物（即基质）而命名。例如，促进水解作用的各种酶统称水解酶，促进氧化还原作用的各种酶统称氧化还原酶，水解蛋白质的酶称为蛋白酶，水解脂肪的酶称为脂肪酶等。

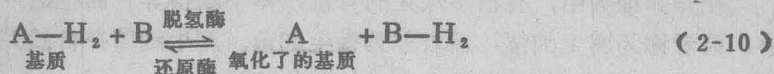
酶的分类已由国际酶学会进行编号并制定了检索表。根据酶在细胞内外的不同，可分为胞外酶和胞内酶两类。胞外酶能透过细胞，作用于细胞外面的物质，它们都是起催化水解作用的。胞内酶在细胞内部起作用，主要起催化细胞的合成和呼吸的作用。根据所催化的反应类型，则酶又大致可分为下列几类：

1. 水解酶 这类酶能促进基质的水解作用及其逆行反应。

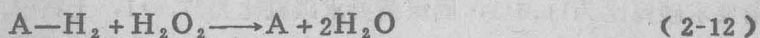
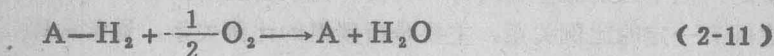


2. 氧化还原酶 这类酶能引起基质的脱氢或受氢作用，产生氧化还原反应。

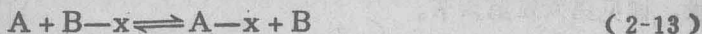
(1) 脱氢酶 脱氢酶能活化基质上的氢并转移到另一物质，使基质因脱氢而氧化。不同的基质将由不同的脱氢酶进行脱氢作用。



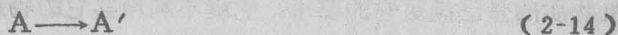
(2) 氧化酶 氧化酶能活化分子氧（空气中的氧）作为氢的受体而形成水，或使过氧化氢中的氧转移到另一物质而使前者还原，后者氧化。



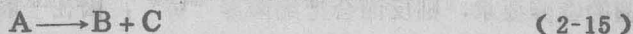
3. 转移酶 这类酶能催化一种化合物分子上的基团转移到另一种化合物分子上。



4. 同分异构酶 这类酶能推动化合物分子内的变化，形成同分异构体。



5. 裂解酶 这类酶能催化有机物碳链的断裂，产生碳链较短的产物。



6. 合成酶 这类酶能催化合成反应。



上述六类酶又可分为若干小类。

此外，酶还有所谓单成分酶和双成分酶之分。单成分酶完全由蛋白质组成，这类酶蛋白质本身就具有催化活性，多半可以分泌到细胞体外，催化水解作用，所以是胞外酶。双成分酶不但具有蛋白质部分，还具有非蛋白质部分。蛋白质部分为主酶，非蛋白质部分为辅酶，主酶和辅酶组成全酶。主酶和辅酶都不能单独起催化作用，只有两者结合成全酶才能起作用。酶的专一性决定于它的蛋白质部分，故对双成分酶来说，它们的专一性决定于主酶部分，而辅酶则决定酶所作用的反应性质。双成分酶常保留在细胞内部，所以是胞内酶。

还需指出，大多数微生物的酶的产生与基质存在与否无关，在微生物体内都存在着相当的数量。这些酶称为固有酶。在某些情况下，例如受到了各种持续的物理、化学影响，微生物会在其体内产生出适应新环境的酶。这种酶则称为适应酶。适应酶的产生在废水生物处理中具有重要意义。