

高等学校环境类教材

环境微生物学

Environmental Microbiology

任何军 张婷娣 编著

清华大学出版社

高等学校环境类教材

环境微生物学

Environmental Microbiology

任何军 张婷娣



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书在参考国内外众多优秀教材、文献资料的基础上,系统地介绍了当前环境工程微生物学涉及的基本原理和前沿方法理论。全书分12章,涵盖了环境微生物的分类、进化、生长繁殖、生态学及分子生物学等内容。本书内容简明,可帮助读者有效地掌握环境微生物学这一快速发展学科的基本知识及研究思路与方法。

本书可作为高等院校环境工程、环境科学、给水与排水、资源与环境等专业的教材,也可供相关专业研究人员及工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

环境微生物学/任何军,张婷娣编著.--北京:清华大学出版社,2015

高等学校环境类教材

ISBN 978-7-302-42064-4

I. ①环… II. ①任… ②张… III. ①环境微生物学—高等学校—教材 IV. ①X172

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第263480号

责任编辑:柳萍

封面设计:傅瑞学

责任校对:刘玉霞

责任印制:宋林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者:虎彩印艺股份有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:14.75 插 页:2 字 数:359千字

版 次:2015年11月第1版 印 次:2015年11月第1次印刷

定 价:39.00元

产品编号:067007-01

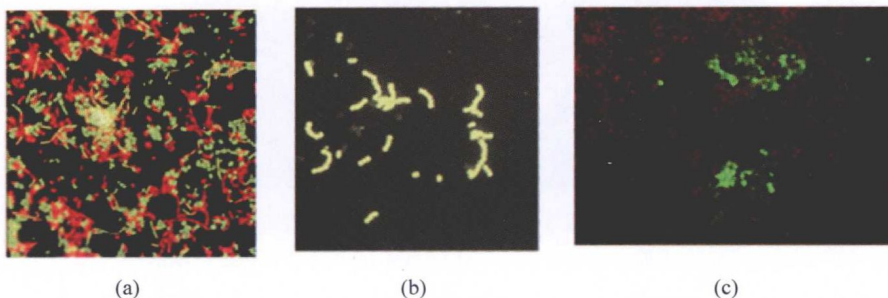


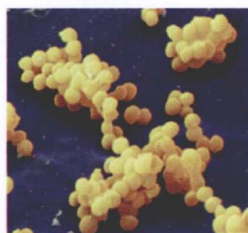
图 1-11 荧光显微镜下的微生物

引自: Joanne M W, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.

(a) 绿色荧光为活细胞, 红色荧光为死细胞; (b) 荧光染色后的链球菌; (c) 荧光标记的猪瘟病毒感染猪肾细胞图



链球菌
(*Streptococcus agalactiae*)



金黄色葡萄菌
(*Staphylococcus aureus*)



巨大芽孢杆菌
(*Bacillus megaterium*)

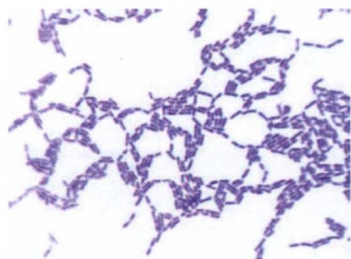


红螺菌
(*Rhodospirillum rubrum*)



霍乱弧菌
(*Vibrio cholerae*)

图 3-1 细菌形态示意图



(a)



(b)

图 3-5 革兰氏染色结果

(a) 枯草杆菌, 革兰氏阳性; (b) 大肠杆菌, 革兰氏阴性

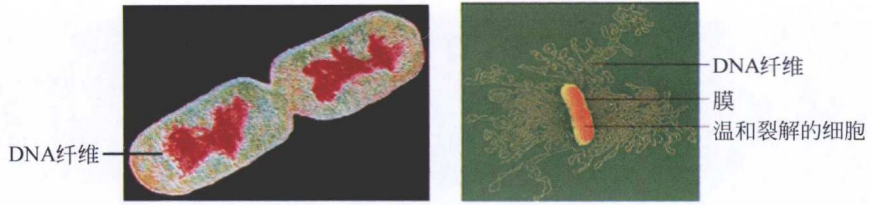


图 3-10 大肠杆菌的拟核

引自: Joanne M W, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.

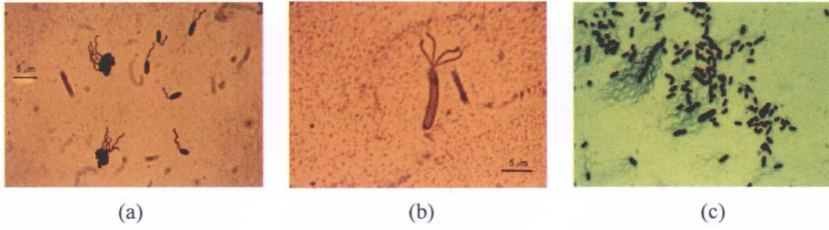


图 3-13 鞭毛分布

引自: Joanne M W, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.

(a) 极端单鞭毛; (b) 丛鞭毛; (c) 周生鞭毛



图 3-21 菌落形态示意图

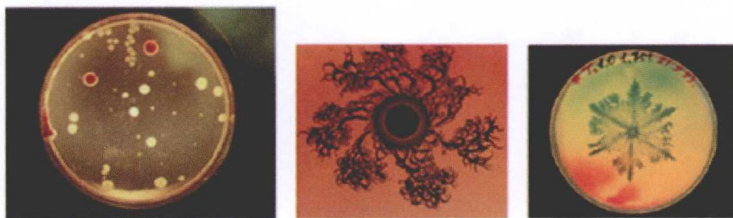


图 3-22 菌落形态描述

引自: Joanne M W, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.

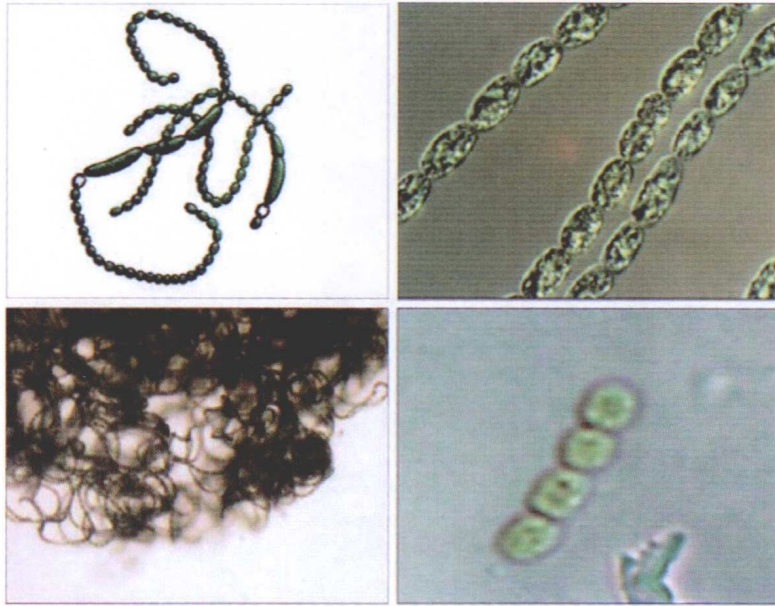


图 3-25 鱼腥藻

引自：马放,等. 环境微生物图谱,科学出版社,2013.



(a)



(b)

图 5-1 嗜热古生菌的栖息地

引自：Joanne M W, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.

(a) 美国黄石国家公园的温泉,其中黄色物质为嗜热古生菌产生的胡萝卜素; (b) 美国黄石国家公园的硫泉,泉水含大量的硫且几乎是沸腾状态,硫化裂片菌(*Sulfolobus*)在此生长良好

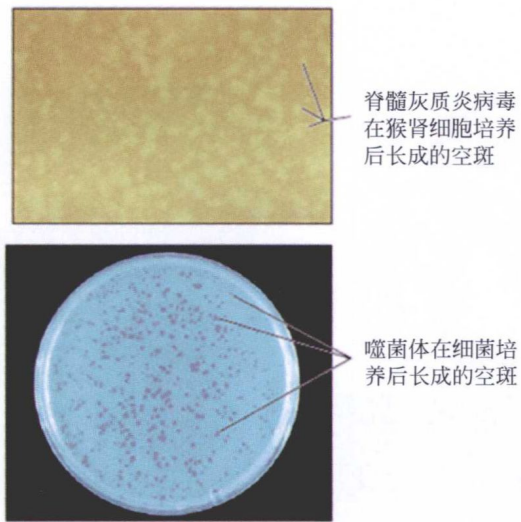


图 5-12 病毒空斑

引自：Joanne M W, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.

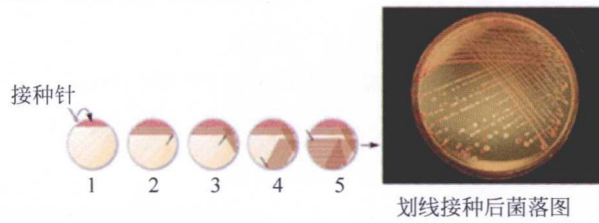


图 10-7 划线分离法

引自：Joanne M W, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.

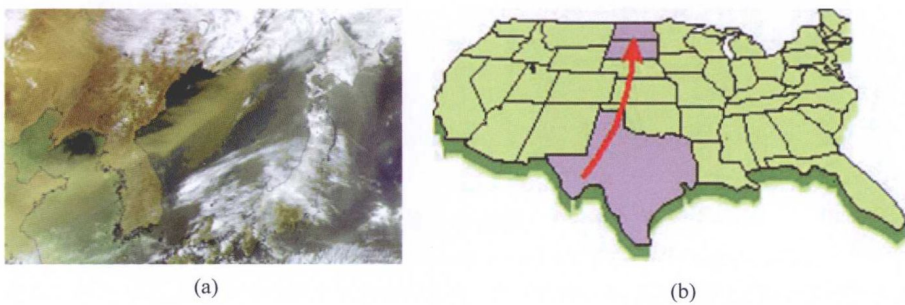


图 12-1 空气中微生物在气流的作用下大范围的传播

引自：Joanne MW, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.

(a) 中国内蒙古上空的尘埃飘到了日本；(b) 使美国南部小麦发病的微生物随着空气的流动飞到了美国北部，从而使北部的小麦也发病了

前 言

环境微生物学作为一门横跨现代微生物学与技术、环境科学、环境工程等众多学科的新兴综合学科,具有知识更新速度快、交叉性强的显著特点,正处于蓬勃发展的阶段。继 2005 年的《现代环境微生物技术》和 2012 年的《环境生物技术实验》(清华大学出版社)出版之后,编写一本内容集中、精练且充分反映现代环境微生物学的总体面貌、最新发展的配套教材,成为本科教学与改革实践中的迫切需要。

由于环境微生物学层次多,涉及的学科范围广,并具有交叉渗透、综合性强的特点,难以对各方面涉及的知识进行准确阐述和介绍。鉴于此,本书的编写思路基于体现前沿性、强调可读性、尊重原创性的原则。在广泛收集资料、努力汲取国内外信息的基础上,力求内容新颖、深入浅出,既注重基础知识,同时又强调新理论和新技术。目的是促进学生对环境工程微生物学的内容的深入理解与吸收。

本书作为“吉林大学十二五规划立项教材”之一,共 12 章,涵盖了环境微生物的分类、进化、生长繁殖、生态学及分子生物学等领域的基础理论与方法。本书的出版得到了清华大学出版社柳萍老师及其同事们热情支持和细心指导,借此机会,向他们致以衷心和诚挚的谢意。

由于编者水平有限,错误、疏漏之处在所难免,敬请使用本教材的师生、有关专家和同行给予批评指正,以便本书再版时补充、修正和完善。

作 者
2015 年 9 月

目 录

第 1 章 微生物与环境	1
1.1 微生物的研究与显微镜之间的关系	1
1.2 微生物的特点	6
1.3 环境微生物学的定义、研究内容.....	7
复习思考题.....	9
第 2 章 微生物的进化、系统发育及分类鉴定	10
2.1 微生物的起源与进化.....	10
2.1.1 原核微生物细胞的起源与进化	10
2.1.2 真核微生物的进化	11
2.2 微生物的命名.....	12
2.3 微生物的分类.....	15
2.3.1 微生物在生物界的地位	16
2.3.2 各大类微生物的分类系统纲要	19
2.4 微生物的鉴定方法.....	20
2.4.1 微生物分类鉴定中的经典方法	21
2.4.2 微生物分类鉴定中的现代分子生物学方法	22
复习思考题	26
第 3 章 原核微生物的种类、形态结构及功能	27
3.1 细菌.....	27
3.1.1 细菌细胞的形态、大小、构造及其功能	27
3.1.2 细菌的繁殖方式	39
3.1.3 细菌的群体形态	40
3.1.4 细菌在污水生化处理中的作用	42
3.2 蓝细菌.....	44
3.2.1 蓝细菌的形态、大小.....	44
3.2.2 蓝细菌的细胞结构及其功能	46
3.2.3 蓝细菌的繁殖	46
3.2.4 蓝细菌的生境	46
3.2.5 蓝细菌的生长与新陈代谢	48

3.2.6	蓝细菌的昼夜节律	48
3.2.7	蓝细菌的分类和代表属	48
3.2.8	蓝细菌与人类及环境的关系	49
3.3	放线菌	50
3.3.1	放线菌的形态、大小、结构及种属特性	50
3.3.2	放线菌的群体特征	52
3.3.3	放线菌的繁殖	53
3.4	支原体、衣原体、螺旋体和立克次氏体	53
3.4.1	支原体	53
3.4.2	衣原体	53
3.4.3	螺旋体	53
3.4.4	立克次氏体	54
	复习思考题	54
第4章	真核微生物的种类、形态结构及功能	55
4.1	真核微生物概述	55
4.2	真菌	56
4.2.1	真菌的细胞构造	56
4.2.2	真菌的菌体形态	57
4.2.3	真菌的繁殖方式	57
4.2.4	真菌的菌落特征	58
4.2.5	真菌的种类	59
4.3	藻类	62
4.3.1	藻类的形态与构造	62
4.3.2	藻类的生理特征	62
4.3.3	藻类的代表属	63
4.4	微型动物	66
4.4.1	原生动物	66
4.4.2	微型后生动物	71
	复习思考题	74
第5章	古生菌及非细胞型微生物的种类、形态结构及功能	75
5.1	古生菌	75
5.1.1	古生菌的发现	75
5.1.2	古生菌的形态、大小	75
5.1.3	古生菌的结构	76
5.1.4	古生菌的热稳定性	77
5.1.5	古生菌的分类	77
5.2	病毒	81

5.2.1 病毒的大小、形态及特点	81
5.2.2 病毒的组成和结构	82
5.2.3 病毒的分类	83
5.2.4 病毒的繁殖	84
5.2.5 病毒的培养	85
5.2.6 病毒的危害与作用	87
5.3 亚病毒因子	88
复习思考题	89
第6章 微生物的分子生物学基础	90
6.1 核酸是遗传物质及其结构	90
6.1.1 核酸是遗传物质	90
6.1.2 核酸的结构	93
6.2 DNA的复制	95
6.2.1 实验证明DNA复制是半保留的	95
6.2.2 DNA复制过程	96
6.3 转录与逆转录	98
6.3.1 转录	98
6.3.2 逆转录	101
6.4 RNA的种类与结构	102
6.4.1 rRNA	102
6.4.2 tRNA	103
6.5 翻译	105
6.5.1 遗传密码	106
6.5.2 翻译过程	107
6.6 蛋白质的结构	110
6.6.1 蛋白质的一级结构	110
6.6.2 蛋白质的二级结构	110
6.6.3 蛋白质的三级结构	111
6.6.4 蛋白质的四级结构	112
6.7 原核微生物的基因表达调控	112
6.7.1 概述	112
6.7.2 转录调控	113
复习思考题	115
第7章 微生物的遗传变异与育种	116
7.1 基因突变和诱变育种	116
7.1.1 基因突变	116
7.1.2 突变与育种	119

7.2 基因重组和杂交育种	120
7.3 基因工程菌	122
7.3.1 工具酶	123
7.3.2 基因工程菌的构建	125
复习思考题	133
第8章 微生物的营养和培养基	134
8.1 微生物的六类营养要素	134
8.2 微生物的营养类型	136
8.3 营养物质进入细胞的方式	137
8.4 微生物的培养基	140
8.4.1 配制培养基的原则	140
8.4.2 培养基的种类	143
复习思考题	145
第9章 微生物的代谢	146
9.1 微生物的分解代谢	146
9.2 微生物的合成代谢	155
9.2.1 糖类的生物合成	156
9.2.2 氨基酸的生物合成	156
9.2.3 核苷酸的生物合成	157
9.2.4 微生物固氮	158
9.2.5 分解代谢和合成代谢的联系	160
9.3 微生物的次生代谢	161
9.3.1 次生代谢	161
9.3.2 次生代谢产物的合成	161
9.4 微生物代谢产物污染	163
9.4.1 生物毒素	163
9.4.2 气味代谢产物	165
9.4.3 酸性矿水	165
9.4.4 甲基化重金属	165
复习思考题	166
第10章 微生物的生长与繁殖	167
10.1 测定微生物生长繁殖的方法	167
10.1.1 测生长量	167
10.1.2 计繁殖数	168
10.2 微生物的群体生长规律	170
10.2.1 微生物分批培养的群体生长规律	170

10.2.2	微生物连续培养的群体生长规律	172
10.2.3	微生物纯培养物的分离方法	174
10.3	影响微生物生长的主要因素	175
10.3.1	温度	175
10.3.2	氧气	177
10.3.3	pH	180
10.4	微生物培养方法	181
10.5	有害微生物的控制方法	183
10.5.1	几个基本概念	184
10.5.2	物理灭菌因素的代表——高温	185
10.5.3	化学杀菌剂、消毒剂	187
10.5.4	过滤除菌	187
10.6	菌种的衰退、复壮与保藏	188
10.6.1	菌种的衰退与复壮	188
10.6.2	菌种的保藏	189
	复习思考题	193
第 11 章	微生物的生态	194
11.1	微生物的生态系统	194
11.2	微生物与生物环境之间的关系	196
11.2.1	种群内微生物的相互作用	196
11.2.2	种群间微生物的相互作用	198
11.2.3	固定区域微生物群落的形成与发展	200
11.3	微生物与非生物环境之间的关系	201
11.3.1	碳素循环	201
11.3.2	氮素循环	203
11.3.3	硫素循环与细菌沥滤	205
11.3.4	磷素循环	206
	复习思考题	206
第 12 章	微生物在自然环境中的分布及检测方法	207
12.1	微生物在水体环境中的分布及检测	207
12.1.1	不同水体中微生物的种类及分布	207
12.1.2	水体微生物污染	208
12.1.3	水体微生物的检测	210
12.1.4	水体微生物污染的防控	212
12.2	微生物在土壤中的分布及检测	213
12.2.1	土壤和地层中微生物的种类及分布	213
12.2.2	土壤微生物污染	214

12.2.3	土壤微生物的检测	215
12.2.4	土壤微生物污染的防治	215
12.3	微生物在大气中的分布及检测	216
12.3.1	空气中微生物的种类和数量	216
12.3.2	空气中微生物的传播与分布	216
12.3.3	空气微生物的检测	218
12.3.4	空气微生物的危害与防治	220
12.4	极端环境下的微生物的种类及分布	221
12.4.1	嗜热微生物的种类及分布	221
12.4.2	嗜冷微生物的种类及分布	221
12.4.3	嗜酸微生物的种类及分布	222
12.4.4	嗜碱微生物的种类及分布	222
12.4.5	嗜盐微生物的种类及分布	223
12.4.6	嗜压微生物的种类及分布	224
12.4.7	耐辐射微生物的种类及分布	224
	复习思考题	225
	参考文献	226

第 1 章

微生物与环境

1.1 微生物的研究与显微镜之间的关系

微生物(microorganism)是一切肉眼看不见或看不清的微小生物的总称。它们都是一些个体微小(一般 $<0.1\text{mm}$)、结构简单的低等生物,其成员包括:属于原核类的真细菌、放线菌、蓝细菌、支原体、衣原体和立克次氏体;属于真核类的真菌(酵母菌、霉菌和蕈菌)、原生动物和显微藻类;介于原核和真核之间的古生菌,以及属于非细胞类的病毒和亚病毒因子(类病毒、拟病毒和朊病毒等)。

1. 微生物学发展史上的五位先驱

微生物在我们身边无处不在。人体内外以及包围着整个地球表层的土壤圈、水圈和大气圈都分布着难以计数的微生物,它们与人类的食物、药品以及疾病密切相关。现在我们已经知道人类早在几千年前就会利用微生物进行酿酒、酿醋、发面、治病等,但由于微生物个体微小,无法用肉眼直接观察到,直到 1676 年,荷兰人列文·虎克自己制作了一个透镜装在金属附件中组成的一架单式显微镜(图 1-1),其放大率约 200 倍。他用该简易显微镜观察到了形态微小、用肉眼无法观察到的细菌,并作图描绘出了这些细菌的形态和大小(图 1-2)。由于列文·虎克首次克服了人类认识微生物世界的第一个难关——“个体微小”,使人类初步踏进了微生物世界的大门,所以我们称他为“微生物学的先驱者”。

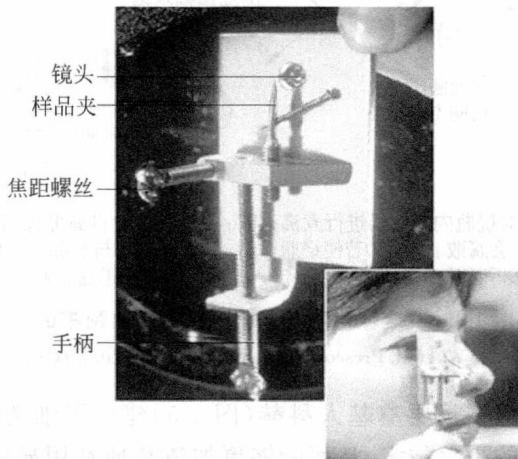


图 1-1 列文·虎克的单式显微镜

引自: Joanne M W, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.

列文·虎克这一时期主要集中在对微生物的形态进行描述,而对微生物与人类之间的关系并不十分清楚。到19世纪中叶,巴斯德设计了一个既可允许空气自由进入容器又可阻止容器内无菌肉汤不能“自然发生”腐败的简便、巧妙的曲颈瓶试验,令人信服地证实了肉汤腐败产生大量细菌的原因是接种了来自空气中的微生物,从而建立了微生物学这一新的学科,故巴斯德被称为“微生物学的奠基人”(图1-3,图1-4)。

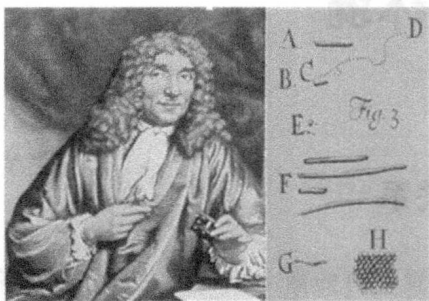


图1-2 列文·虎克像及其观察到的口腔微生物
引自: Joanne M W, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.



图1-3 微生物学的奠基人——巴斯德
引自: Joanne M W, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.

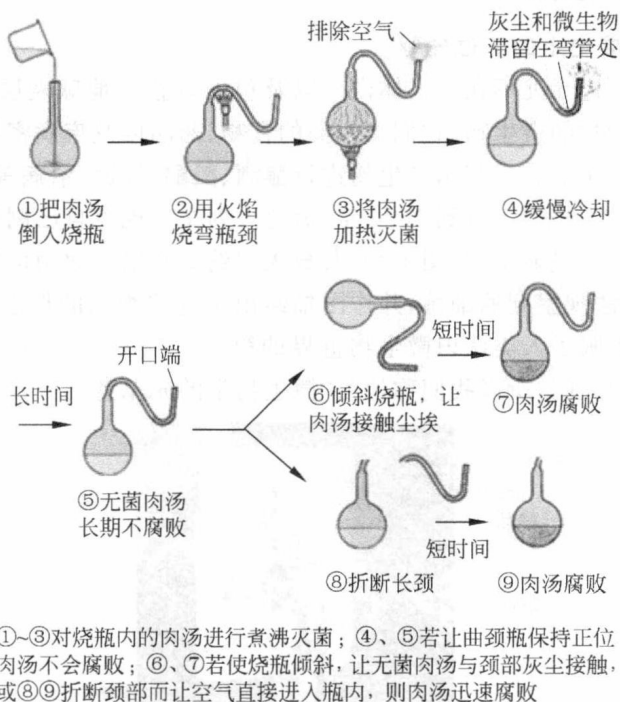


图1-4 奠定微生物学基础的巴斯德曲颈瓶试验

引自: Joanne M W, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.

与此同期,微生物的另一重要奠基人科赫(图1-5)建立了细菌的纯种分离培养与灭菌方法,并发明了细菌细胞的染色技术,从而能够更加清楚地利用显微镜观察微生物,为微生物学的发展立下了汗马功劳,因此,科赫被称为“细菌学奠基人”。这一时期的微生物学家主要系统研究微生物的生长、繁殖以及代谢等。

到了1953年,沃森和克里克发现了DNA的双螺旋结构(图1-6),从此微生物学进入了分子微生物学时代。它为广泛运用分子生物学理论和现代研究方法来揭示微生物的各种生命活动规律打下了基础,并直接促进了基因工程、生物信息学和合成生物学等学科的发展。



图 1-5 细菌学的奠基人——科赫

引自: Joanne M W, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.

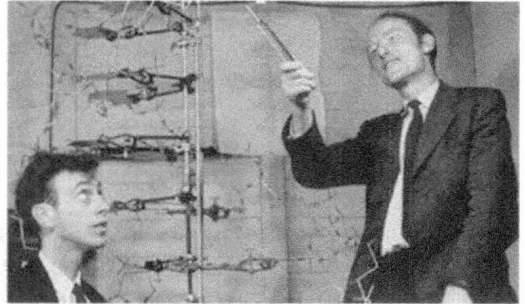


图 1-6 DNA 双螺旋的发现者——沃森和克里克

2. 现代显微镜的种类及在微生物学中的应用

微生物学中常用的显微镜根据显微原理可以分为光学显微镜和电子显微镜。通常皆由光学部分、照明部分和机械部分组成,二者之间最主要的区别是光源。

恩斯特·鲁斯卡于1931年成功研制出电子显微镜,这使得科学家能观察到百万分之一毫米那么小的物体,使生物学发生了一场革命。

随着摄影技术的快速发展,目前大部分显微镜都实现了与摄像系统以及计算机相结合,达到快速、清晰并且大量储存信息的目的。

1) 光学显微镜

光学显微镜的种类很多,主要有普通光学显微镜(明视野显微镜)、暗视野显微镜、荧光显微镜、相差显微镜、激光扫描共聚焦显微镜、偏光显微镜、微分干涉差显微镜、倒置显微镜。一般结构包括目镜、镜筒、转换器、物镜、载物台、通光孔、遮光器、压片夹、镜座、粗准焦螺旋、细准焦螺旋、镜臂、镜柱。普通光学显微镜的构造如图1-7所示。

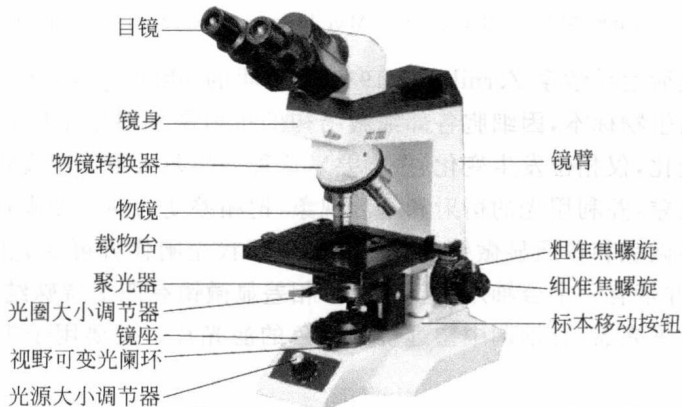


图 1-7 普通光学显微镜的构造

引自: Joanne M W, et al. Prescott's Microbiology, 8th ed. McGraw-Hill, 2010.