

绪 论

一、微生物及微生物学

(一) 微生物的定义

“微生物”不是分类学上的名词。

人们把那些形体微小 ($< 0.1\text{mm}$)，结构简单，用肉眼难以看到，必须借助光学显微镜或电子显微镜才能看清的低等微小生物统称为微生物。

(二) 微生物学研究的范围

微生物大多为单细胞，少数为多细胞，还包括一些没有细胞结构的生物。因生活习性、繁殖方式、分类方式及分布范围相近，研究技术也颇为相同，因此把它们归入“微生物学”的研究范围。微生物类群十分庞杂，它们形态各异，大小不同，生物特性差异极大。根据是否有细胞结构及真核结构而将之区分为：

(1) 无细胞结构的病毒、亚病毒；

(2) 具有细胞结构的细菌、放线菌、蓝细菌、支原体、衣原体、立克次氏体、螺旋体等原核微生物和包括酵母菌、霉菌等真菌及单细胞藻类、原生动物等原生物的真核微生物。

(三) 微生物在生物界中的地位

早在 19 世纪 70 年代，就有人主张把微生物独立成一界。因为在历史上，人们只把生物区分为两界，即植物界和动物界，并把一些具有细胞壁类群如藻类、真菌、细菌等归于植物界，另一些不具细胞壁而能运动的类群如原生动物归属于动物界。但真菌不能进行光合作用，许多细菌既可运动又能进行光合作用，与动、植物不同。在自然界中的许多生物，将它们归于植物界或动

物界都不适宜。因此，1969年魏塔克（Whittaker）首先提出了五界系统，把自然界中具有细胞结构的生物分为五界。根据我国学者的提议，将无细胞结构的病毒看做一界，便构成了生物的六界系统（表 0-1）。

表 0-1 微生物在生物六界系统中的地位

生物界名称	主要结构特征	微生物类群名称
病毒界	无细胞结构，大小为纳米（nm）级	病毒、类病毒等
原核生物界	为原核生物，细胞中无核膜与核仁的分化，大小为微米（ μm ）级	细菌、蓝细菌、放线菌、支原体、衣原体、立克次氏体、螺旋体等
原生生物界	细胞中具核膜与核仁的分化，为小型真核生物	单细胞藻类、原生动物等
真菌界	单细胞或多细胞，细胞中具核膜与核仁的分化，为小型真核生物	酵母菌、霉菌等
植物界	细胞中具核膜与核仁的分化，为大型非运动真核生物	
动物界	细胞中具核膜与核仁的分化，为大型能运动真核生物	

从上表可见，在生物六界系统中微生物占有四界，它既含无细胞结构的生物，也含具细胞结构的生物，既有原核生物，也有真核生物，显示了微生物分布的广泛性及其在自然界中的重要地位。

二、微生物学的发展简史

1. 微生物学的发展简史

大约迄今 32 亿年以前，微生物就悄悄地出现在地球上了，这是在非洲南部发现杆菌化石之后才知道的。那时整个地球还是它们独霸的一统天下，后来才陆续出现了植物、动物和人类。很早，人们就知道了猎取动物当作食品；栽培植物收获粮食，并发展成与人类密切相关的畜牧业和农业。可是资历最古老的微生物却一直无声无息地渡过了漫长的岁月。当人们在物理、化学、天

文学和其他许多方面已经取得相当成就的时候，对于微生物几乎还是一无所知。尽管人们也早会利用微生物来酿酒、造醋，但却连它们长的什么样子也不知道。人类对动植物的认识，可以追溯到人类的出现。可是，对数量庞大、分布广泛并始终包围在人体内外的微生物却长期缺乏认识。当人们还处在对微生物世界的无知状态时，对待眼前的微生物往往表现出“视而不见、嗅而不闻、食而不察、得其益而不感其好、受其害而不知其恶”的愚昧状态。历史上所遭受的多次严重瘟疫流行的事实就是证明。如鼠疫、天花、麻风、梅毒和肺结核的大流行等，直到今天，也还有艾滋病等新的严重的传染病在出现和流行。其中鼠疫更是猖獗。当公元6世纪鼠疫在地球上第一次大流行时，曾危及埃及、土耳其、意大利和阿富汗等国家和地区，死亡人数约1亿；14世纪第二次流行时，欧洲约死2500万人，亚洲约死4000万（其中中国约1300万）；19世纪末至20世纪初的第三次流行，发生在香港和印度北部地区，死亡人数约100万。这三次全球性杀人不见血的流行病共殃及近2亿人，比死亡最惨重的第二次世界大战（约死亡1.1亿）还多！

直到300多年以前，列文虎克用他自制的世界上第一台单式显微镜观察到了极微小的生物，人们才第一次看到了微生物的本来面貌。但微生物真正作为一门科学被认识是从19世纪中叶才开始的。微生物学的发展简史可分为五个时期，即史前期、初创期、奠基期、发展期和成熟期（表0-2）。

2. 微生物学的先驱者及其贡献

列文虎克（Leeuwenhoek）（荷兰，1632~1723年）：业余科学家，微生物学先驱者。他的主要贡献有三方面：利用单式显微镜观察了许多微小物体和生物并于1676年首次观察到形态微小、作用巨大的细菌，从而扫除了认识微生物世界的第一个障碍；一生制作了419架显微镜或放大镜，放大率一般为50~200倍，最高者达266倍；发表过约400篇论文，其中绝大部分寄往英国皇

家学会发表。

表 0-2 微生物学的发展简史

发展时期	经历的年代	特点和标记	代表人物
史前期	1676 年前	人类已在应用微生物, 如发酵、酿造等, 但未发现微生物的存在	各国劳动人民
初创期	1676 ~ 1860 年	世界上第一次发现了微生物的存在 (当时称“微动体”)	列文虎克 (自制世界上第一台显微镜, 为世界上第一个看到细菌的人)
奠基期	1861 ~ 1896 年	开创了寻找病原微生物的“黄金时期”, 并从形态描述进到生理学研究的新水平	巴斯德 (微生物学奠基人), 科赫 (细菌学的奠基人)
发展期	1897 ~ 1952 年	(1) 用无细胞酵母汁发酵酒精成功, 开创了微生物生化研究的新时期 (2) “普通微生物学”作为一门学科开始形成	(1) E. Buchner (2) M. Doudoroff
成熟期	1953 年以后	DNA 结构的双螺旋模型建立。微生物成为分子生物学中的重要研究对象。20 世纪 70 年代后微生物成为生物工程学科的主角	J.D.Watson 和 H.F.C.Crick (DNA 双螺旋结构模型的创立)

巴斯德 (Louis Pasteur) (法国, 1822 ~ 1895 年): 微生物学的奠基人。他的巨大业绩可概括为三项: 提出发酵是由特殊微生物引起的; 传染病也是由特殊微生物引起的; 将病原菌减毒, 可使其转变为疫苗。他发明了用接种减毒苗预防鸡霍乱病和牛、羊炭疽病, 发明了治疗狂犬病及白喉病等疾病的方法, 为人类防病治病做出了重大贡献, 他发明的巴斯德消毒法一直沿用至今。

科赫 (Robert Koch) (德国, 1843 ~ 1910 年): 细菌学的奠基人。他的主要业绩有三方面: 建立了研究微生物学的一系列重

要方法，尤其是分离微生物纯种的方法沿用至今；创立了许多显微镜技术，如细菌的鞭毛染色法、悬滴培养法和显微摄影技术等；提出了科赫法则，即证明某一种微生物是某一种病原体所必须具备的条件，此法则至今仍指导着动、植物病原的确定。

布赫纳（Eduard Buchner）（德国，1860~1917年）：微生物生化研究新时代的开创者。他发现了酵母菌的无细胞制剂可将蔗糖转化为酒精，并对葡萄糖进行酒精发酵获得成功。从此微生物学进入了生化研究阶段，并诞生了生物化学学科。此后，微生物生理、代谢研究就蓬勃开展起来。

3. 工业微生物学的发展简史

微生物学的发展促进了人类进步，在工业、农业和医学等各方面均有了很大的发展。微生物在工业发展过程中有六个里程碑：

自然发酵与食品、饮料的酿造：世界各国劳动人民在其各自的生产实践中，逐步学会了利用有益微生物在自然接种和混菌发酵的条件下来酿造自己喜爱的风味食品和饮料，例如：酒、酱、醋、泡菜、豆豉、酸牛奶、干酪和面包等。

罐头保藏：1804年法国厨师 N. Appert 经过十年试验后，发明了食品的玻璃瓶罐藏技术，从而为食品的消毒灭菌和长期保藏找到了一种较为有效的方法。

厌氧纯种发酵技术：20世纪初，在工业发酵的早期，人们首先发展了不需通气搅拌等复杂装置的厌氧纯种发酵技术，利用它来进行乙醇、丙酮、丁醇、乳酸或甘油生产。

深层液体通气搅拌培养：20世纪40年代由于青霉素发酵的推动，促进了大规模液体深层通气搅拌技术的发展，从此在工业发酵中占据主要地位的好氧发酵获得了飞速发展，于是抗生素、有机酸和酶制剂等发酵工业在世界各地蓬勃发展起来。

代谢调控理论在发酵工业上的应用：20世纪50年代中期，由于对微生物代谢途径和调控研究的逐步深入，在发酵工业

上找到了能突破微生物代谢调控，以积累有用代谢产物的手段，并很快用于大规模工业生产上，例如：谷氨酸和核苷酸类物质——肌苷酸的发酵生产等。

⑥生物工程的兴起：20世纪70年代，由于生物学基础理论和实验技术的飞速发展，结合多种现代工程技术，终于发展出一门新兴的综合性的应用学科——生物工程学。生物工程学一般包括五大工程，即遗传工程、细胞工程、微生物工程、酶工程和生物反应器工程。这五大领域中，前两者的作用是将常规菌作为特定遗传物质的受体，使它们获得外来基因，成为能表达超远缘性状的新物种——工程菌。后三者的作用则是为这一有巨大潜在价值的新物种创造良好的生长、繁殖条件，进行大规模的培养，以充分发挥其内在潜力，为人们提供巨大的经济效益和社会效益。因此，遗传工程是生物工程的主导，而微生物工程则是生物工程的基础。微生物工程具有比化工厂生产优越得多的优点，例如：一步生产、条件温和、原料便宜、设备通用和污染较少等。可以预期21世纪，在人类从利用有限的矿物资源的时代过渡到利用无限的可再生资源的时代中，生物工程学将对人类社会的发展做出越来越大的贡献。

三、微生物的特点

由于微生物体形都极其微小，因而带来了以下五个共性：即体积小，面积大；吸收多，转化快；生长旺，繁殖快；适应强，易变异；分布广，种类多。

1. 体积小，面积大

微生物的个体都极其微小，要测量它们需用微米（ μm ，即 10^{-6}m ）或纳米（ nm ，即 10^{-9}m ）作单位。就拿微生物的典型代表——细菌为例来形象地说明个体的大小。

细菌中最普通的是杆菌，它们的平均长度约 $2\mu\text{m}$ ，1500个杆菌头尾衔接起来，仅有一粒芝麻长。它们的宽度只有 $0.5\mu\text{m}$ ，

60~80个杆菌“肩并肩”地排列成横队，也只相当于一根头发丝的宽度。至于细菌的体重就更微乎其微了，每毫克的细菌约为10~100亿个。

我们知道，任何物体被分割得越细，其单位体积所占有的面积就越大。如将人体的“面积/体积”比值定为1的话，大肠杆菌的比值则高达30万！这样一个极端突出的小体积、大比面积的特性，特别有利于它们与周围环境进行物质交换和能量、信息的交换。

体积小、面积大是微生物五大共性的基础，由它可以发展出一系列其他共性。

2. 吸收多，转化快

生物界的一个普遍规律是，某一生物的个体越小，其单位体重所消耗的食物就越多，这在恒温动物中表现得更为突出。例如：一种体重仅3g的地鼠，每天要吃掉与体重等重的粮食。又如一种体重还不满1g的闪绿蜂鸟，每天要消耗比其体重大2倍的食物。

一个细胞比起地鼠和蜂鸟来，不知要小上多少倍，但它们的“胃口”却相当大，有资料表明，在合适的环境下，大肠杆菌1h可“吃掉”相当于自重2000倍的乳糖。

微生物不仅“吃得多”，而且排泄快。从单位重量看，微生物的代谢强度比高等动物的代谢强度要大几千甚至几万倍。例如：1kg酒精酵母菌体24h可发酵数千千克糖生产酒精。

微生物的这个特性为它们高速生长繁殖和产生大量的代谢产物提供了充分的物质基础，从而使微生物有可能更好地发挥“活的化工厂”的作用。

3. 生长旺，繁殖快

微生物一向以它惊人的生长繁殖能力而著称生物界。按体重增加一倍的时间来说，猪需要三四十天，野草也得十多天的功夫，而生长得最慢的微生物也只需要几个小时就足够了。一般十

多分钟的时间微生物就能从小长大。

一种至今被人们研究得最透彻的生物——大肠杆菌，其细胞在合适的生长条件下，12.5 ~ 20min 分裂繁殖一次。如按 20min 分裂一次计，每小时可分裂 3 次，一昼夜可分裂 72 次，后代数为 4 722 366 500 万亿个（约重 4 722t），48h 为 2.2×10^{43} 个，约等于 4 000 个地球的重量。当然，由于种种客观条件的限制，细菌的指数分裂速度只能维持数小时。因而在液体培养基中，细菌的细胞浓度一般能达到 $10^8 \sim 10^9$ 个/mL。

利用微生物的这一特性，提供良好的条件，进行人工培养，酵母菌一天就能收获两次。一头 500 kg 重的食用公牛，每昼夜只能从食物中“浓缩” 0.5 kg 重的蛋白质，而同样重的酵母菌，只需提供质量较次的糖液（如糖蜜）和氨水，在 24h 就能合成 50 000 kg 优良蛋白质。这对缓和人类面临的人口增长与食物供应的矛盾有非常重大的意义。

4. 适应强，易变异

微生物对环境尤其是恶劣的“极端环境”所具有的惊人适应力，堪称生物界之最。例如：在海洋深处的某些硫细菌可在 250 甚至 300 的高温条件下正常生长；大多数细菌能耐 0 ~ -196℃（液氮）的任何低温，甚至在 -253℃（液态氢）仍能保持生命；一些嗜盐菌甚至能在 32% 左右的饱和盐水中正常生活；许多微生物尤其是产芽孢的细菌可在干燥条件下保藏几十年、几百年甚至上千年；氧化硫硫杆菌是耐酸菌的典型，它的一些菌株能生长在 5% ~ 10% 的硫酸中；有些耐碱的微生物如脱氮硫杆菌的生长最高 pH 为 10.7，青霉和曲霉也能在 pH9 ~ 11 的碱性条件下生长。

根据微生物能适应特定环境条件这一点，利用物理的或化学的诱变剂进行处理，使它们的遗传性质发生变异，从而改变微生物的代谢途径。例如：食品工业中所用的调味剂柠檬酸生产，在发酵最初的发酵液中，必须添加黄血盐以除掉铁离子或添加甲醇

作抑制剂，才能大量积累柠檬酸。经过诱变处理，改变了生产菌种对铁的敏感性，直接利用废糖蜜就可以进行发酵生产柠檬酸。

微生物适应强，易变异这一特点，在发酵工业中较为有益，而对大多数的食品行业则不利。例如：罐头食品的灭菌，微生物的芽孢不易杀死，残留下来，当条件适宜时，则可复苏繁殖，造成罐头食品产酸、产气乃至腐败变质。

5. 分布广，种类多

在地球上，微生物的分布可谓无孔不入。微生物只怕“明火”，因此地球上除了火山中心区域外，到处都有微生物家族的踪迹。在自然界中，上至数万米的高空，下至万米深的海底都有大量与其相适应的微生物在活动着。就连动植物体内外也有大量的微生物存在，例如：在人体肠道中，经常聚居着 100~400 种不同种类的微生物，估计它们的个体总数大于 100 万亿，重量约等于粪便干重的 1/3。

迄今为止，我们所知道的动物约有 150 万种，植物约有 50 万种，由于微生物的发现和比动植物迟得多，加上鉴定种的工作较为困难，目前比较肯定的微生物种数约有 10 万种。其中细菌约 1 500 种，放线菌约 1 000 种，真菌约 40 000~65 000 余种。前苏联微生物学家伊姆舍涅茨基说过：“目前我们所了解的微生物种类，至多也不超过生活在自然界中微生物总数的 10%。”可以相信，随着人类的认识和研究工作的深入，总有一天微生物家族的总数会超过动植物总数之和。微生物的资源极其丰富，利用微生物的前景也是十分广阔的。

以上就是一切微生物所共有的五大共性。五大共性的基础是其体积小、面积大的独特体制，由这一个共性就可衍生出其他四个共性。五个共性对人类来说是既有利又有弊的，我们学习微生物的目的在于能兴利除弊、趋利避害。人类利用微生物的潜力是无穷的。

四、本课程的研究对象

微生物与食品有密切的关系，食品是微生物良好的培养基。有的微生物参与食品的制造过程，如发酵微生物；有的微生物能使食品腐败变质，如腐败微生物；还有的微生物能引起食物中毒，如病原微生物。因而食品微生物学的研究对象是与食品制造和保藏有关的微生物的形态结构、生理特性和由腐败微生物引起的食品变质规律，杀死病原菌、腐败菌的方法和原理，而使食品保持原有的特色和风味。寻找污染源，杜绝污染源，控制食品污染以指导食品生产。

在学习本学科中，首先应掌握微生物学的基本知识、基本理论和基本的实验操作技能；其次应掌握与食品制造和保藏有关的微生物的性质和作用。为食品工业发展现代化，探讨新方法，充分利用有益微生物，加强有益微生物的生长和增殖，以提高产品质量。控制有害微生物，避免食品的变质和中毒，为保证人民的健康创造更好的条件。

本章摘要

微生物不是分类学上的名词。微生物的主要类型包括细菌、放线菌、病毒、酵母菌、霉菌等。微生物与人类的关系十分密切，早就为人们所认识，但微生物成为一个学科，却经历了漫长的时间。从 1676 年列文虎克发现微动物体开始，经历了史前期、初创期、奠基期、发展期和成熟期等，至今已发展成一门完整的学科，并产生了很多分科。微生物在工业、农业、医药等国民经济的各部门，均得到广泛的应用。在工业发展过程中，经历了从最初的自然发酵到今天的生物工程六个具有重大意义的里程碑。

微生物得天独厚的五大特点，在生物学研究中的优势是其他动植物所不能比拟的。五个共性对人类来说既有利，又有弊，与食品工业的关系也是如此。我们应在充分认识微生物的基础上扬

长避短，为保证人民的健康创造更好的条件。

复习思考题

1. 什么是微生物？它包括哪些类群？
2. 试述微生物学发展的几个主要时期，其主要标志及主要人物。
3. 为什么说巴斯德是微生物学的真正奠基人？
4. 简述微生物在工业发展中的六个里程碑。
5. 微生物的几大特点是什么？请举例加以说明。
6. 什么是食品微生物学？它的主要内容和任务是什么？

第一章 微生物的形态

微生物的种类繁多，在食品工业中常常见到的主要是细菌、酵母菌、霉菌、放线菌和病毒等几个种类。了解它们的形态构造，可以使我们在生产和生活过程中更好地利用其有益的一面，有效地控制有害的一面。

微生物的个体非常小，并常常以群体的形式出现，因而它的形态包含个体形态（指形状和大小）和群体形态（指菌落和液体培养中的生长行为）。

微生物的结构简单、但形式多样，有原核细胞型、真核细胞型，还有非细胞类型。

第一节 显微镜的构造、使用和维护

微生物个体微小，肉眼难以看清，必须借助于显微镜才能研究它们的个体形态和细胞结构。因此，熟悉和掌握显微镜的操作技术是研究微生物不可缺少的手段。

现代显微镜一般可以分为两大类。一类是光学显微镜，根据光的来源又划分为可见光显微镜和不可见光显微镜。可见光显微镜有明视野显微镜、暗视野显微镜、荧光显微镜、相差显微镜、干涉相差显微镜、偏光显微镜、倒置显微镜、实体显微镜、比较显微镜等；不可见光显微镜有紫外光显微镜、红外光显微镜、X射线显微镜。另一类是非光学显微镜，它包括超声波显微镜和电子显微镜，而电子显微镜根据收集的电子不同又分为透射式和扫描式等种类。

尽管显微镜的类型很多，但基本原理和结构大致相仿。我们

通常使用的是明视野显微镜（即普通光学显微镜），因而这里将重点介绍普通光学显微镜的基本构造和工作原理。

一、普通光学显微镜的构造

由机械系统和光学系统两大部分组成。只有在两系统良好的配合下，才能发挥显微镜高度的性能。

1. 机械系统

机械装置基本上是由金属制成的，目前也有部分是以工程塑料代替的，外表大部分涂有黑色或银灰色油漆，可以避免反射光线妨碍标本的观察并保护金属（图 1-1）。

镜座 位于显微镜的底部，呈马蹄形，有一定的底面积和重量，支撑全镜，使整体牢固地站立，是显微镜的基本支架。

镜臂 支持镜筒，有固定式和活动式两种。固定式用于镜台上下移动而调焦的显微镜；活动式用于镜筒上下移动调焦的显微镜，并可改变角度。

镜筒 是由金属制成的空心圆筒，上接目镜，下接转换器。有单筒和双筒两种，单筒又可分为直立式和后倾式，直立式的与载物台垂直，使目镜、镜筒、物镜的光轴在一条直线上，镜筒的长度一般为 160mm，改变长度就会改变总放大倍数；双筒则都是 45°倾斜式的，其中一个目镜有屈光度调节装置，以备在两眼视力不同的情况下使用，使观察时双眼不易疲劳并增加了立体感。

转换器 是两个金属碟合成的一个转盘，其上可以装配 3~4 个物镜，可使每个物镜通过镜筒与目镜构成一个放大系统。

载物台 又称镜台，为方形或圆形的盘，用以载放被检物体，中心有一个通光孔。一般圆形镜台具有旋转性，可前后左右移动。方形镜台上有的装有两个金属标本夹，用以固定标本；有的装有标本推进器，可以在固定标本后前后左右移动，一般上面还有刻度，能确定标本的位置，便于寻找变换的视野。

调焦装置 是调节物镜和标本距离的机件，有粗动螺旋（即

粗调节器)和微动螺旋(即细调节器),利用它们可使镜筒或镜台上上下下移动,调节焦距,得到清晰的图像。

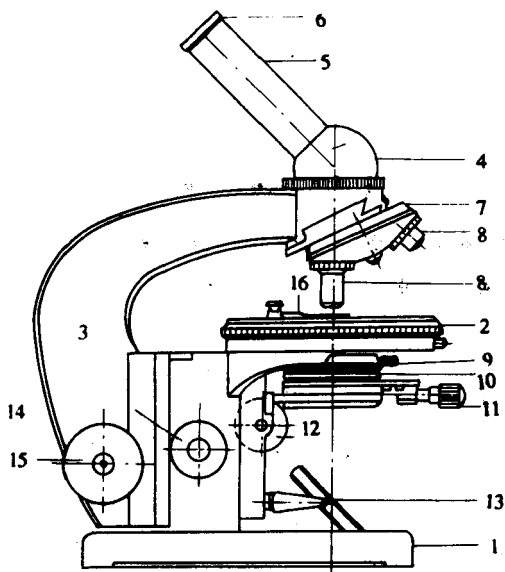


图 1-1 显微镜构造示意图

- 1—镜座 2—载物台 3—镜臂 4—棱镜套 5—镜筒 6—接目镜
7—转换器 8—接物镜 9—聚光器 10—虹彩光圈 11—光圈固定器
12—聚光器升降螺旋 13—反光镜 14—细调节器 15—粗调节器 16—标本夹

2. 光学系统

光学系统由成像系统和照明系统共同构成。物镜与目镜构成它的成像系统,其余部件则构成它的照明系统。物镜上的各种标记详解见图 1-2。

物镜 又称接物镜,它是由金属圆筒里面装有许多透镜组成的,这些透镜是由特殊的胶粘在一起的,高级的物镜可由多达 12 块透镜组成。物镜安装在转换器上,将物体做第一次放大,

是决定显微镜成像质量和分辨能力的重要部件。上面标有数值孔径 (NA)、放大倍数、镜筒长度等重要参数。

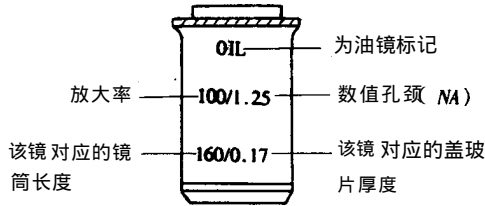


图 1-2 物镜的各种标记

目镜 也称接目镜，安装在镜筒上端，一般由两块透镜组成。它将物镜造成的像再次放大，但不增加分辨力，上面一般标有 $5\times$ 、 $10\times$ 、 $16\times$ 等放大倍数，可根据需要选用。

反光镜 附着在镜臂上，用于将外来光源导入聚光器。它是一个两面镜，一面是平面，光线强时使用；另一面是凹面镜，光线弱时或油镜下使用。较新式的显微镜的光源一般安装在显微镜的镜座内，通过按钮开关控制，也就不需要配备反光镜了。

滤光片 在只需某一波长的光线时使用，附加在聚光器下。选用适当的滤光片，可以提高分辨力，增加影像的反差和清晰度。滤光片有青、红等各种颜色的，分别透过不同波长的可见光，可根据标本自身的颜色来选取。

聚光器 汇聚光源射出的光线照射标本，增强照明度并提高物镜的分辨力。它是由聚光镜和虹彩光圈组成，聚光镜则由 1 片或多片透镜组成，其最上面物镜嵌于镜台的通光孔下面，可以汇聚光线射入镜筒中；虹彩光圈由薄金属片组成，中心形成圆孔，可调节光线强弱，消除干扰光线。聚光器本身也可以上下调节，以求最适光度。一般当放大倍数小时，聚光器下降，光圈缩小；而采用高倍物镜时，聚光器则上升，光圈放大。但光圈放得过大，观察时会产生光斑，若收拢光圈会使分辨力下降却增加反差。

二、普通光学显微镜的工作原理

1. 显微镜的重要参数

决定显微镜工作效能有两个重要参数——放大倍数与分辨力。

显微镜放大倍数（即放大率） = 物镜放大倍数 × 目镜放大倍数。

分辨力：是指显微镜或人眼能够分辨开的物体上两点之间的最小距离或某物体的最小直径的能力。它通常是以这个最小距离或最小直径的数值 d (mm) 来表示。

$$d = \lambda / 2NA$$

式中 λ ——为光波波长，mm；

NA ——为数值孔径，物镜上标有该数值，mm。

2. 物镜的两种系统

物镜的两种系统一般为干燥系与油浸系。

微生物学研究用的显微镜的物镜通常有三种：低倍物镜（10×）、高倍物镜（40×）、油镜（100×）。油镜通常标有黑圈、白圈或红圈，也有的以 OIL 字样表示。

当物镜与标本之间的介质为空气时，称为干燥系，光线通过玻片后，受到折射发生散射现象，进入物镜的光线明显减少，就降低了视野的照明度。当物镜与标本之间的介质为一层油质时，称为油浸系统。最常用的香柏油的折射率 $n = 1.52$ ，与玻璃相近，光线通过载玻片后，可直接通过香柏油进入物镜而不发生折射，这样就增加了视野的照明度。更主要的是油镜能增加数值孔径，从而提高了显微镜的分辨力。

另外，了解物镜的工作距离，对我们正确快速掌握显微镜的使用有很大的帮助。它是指标本在焦点上看得最清晰时物镜与样品之间的距离。它与不同物镜之间的关系如图 1-3 所示。

从图上可以看出，油镜的焦距和工作距离最短，光圈开得最

大，因此使用时镜头离标本十分近，需要特别小心。

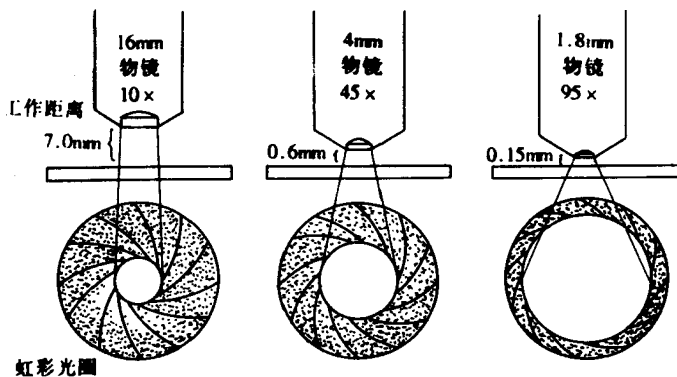


图 1-3 物镜的焦距、工作距离和虹彩光圈的关系

三、普通光学显微镜的使用及维护

见第九章实验二的相关内容

第二节 细菌

细菌是自然界中分布最广、数量最大，与人类关系极为密切的一类微生物，是我们研究的主要对象。

一、细菌的形态

细菌的形态，依不同的菌种、不同的生活环境而有不同。

(一) 正常形态

正常形态是细菌在适宜的条件下所呈现的状态。

1. 个体形态

(1) 形状。细菌有球状、杆状、螺旋状三种基本形状，分别被称为球菌、杆菌和螺旋菌。