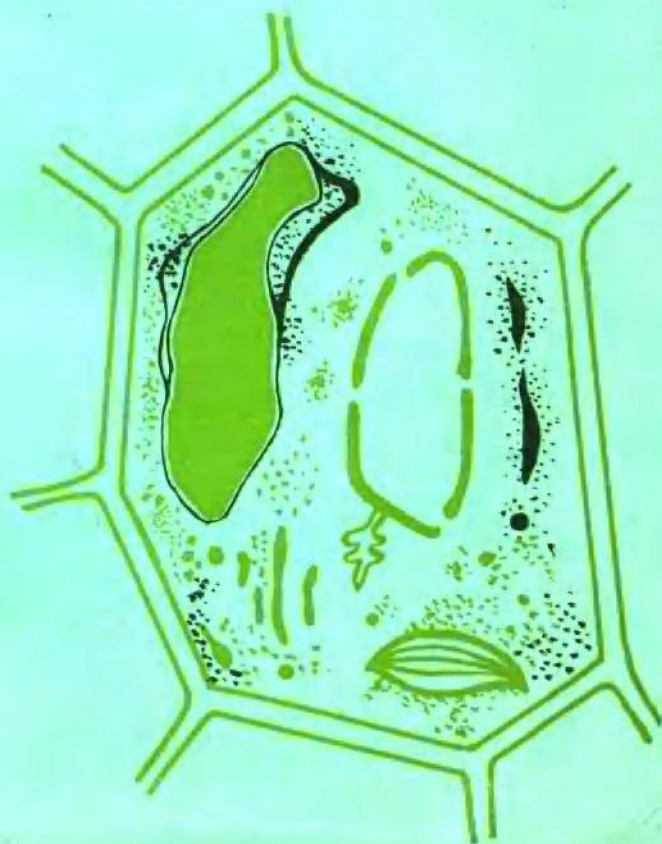


简明微生物学

刘国学 林良贤



内 容 提 要

这是一本简明、通俗的微生物学教科书。全书共十二章，内容分讲授与实验两大部分。第一至十一章为讲授部分，比较系统地介绍了微生物学各个方面的问题，包括病毒、细菌、真菌等微生物的形态结构与分类；微生物的营养方式；微生物的生长与环境；微生物的遗传变异与菌种的选育；传染与免疫微生物的生态以及应用等。讲授部分内容充实，科学性强，并能反映微生物学研究的最新成果。第十二章为实验部分，介绍了微生物的基本实验方法，包括细胞染色、形态观察、细菌胞外酶活性测定、菌种分离与培养技术等十六个实验内容。实验部分紧密联系生产实际，实用性强，实验方法也较简便。

本书可作为大专或中专微生物专业教科书，中学生物教师进修用书；亦可作为高等师范院校生物系师生教学参考书；还可供高中毕业的社会青年自学微生物学之用。

简明微生物学

刘团举 林良贤

*

福建人民出版社出版

(福州得贵巷27号)

福建省新华书店发行

福建新华印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 12.375印张 294千字

1987年8月第1版

1987年8月第1次印刷

印数：1—5340

书号：7173·871 定价：2.50元

目 录

绪论	(1)
第一章 观察微生物形态结构的工具和方法	(9)
第一节 显微术的基本原理	(9)
第二节 玻片标本的制备	(15)
第三节 微生物的培养	(19)
第四节 菌种的保藏	(26)
第二章 病毒	(28)
第一节 病毒的形态和结构	(29)
第二节 病毒的分类	(34)
第三节 动物病毒	(37)
第四节 植物病毒	(38)
第五节 昆虫病毒	(39)
第六节 微生物病毒——噬菌体	(40)
第七节 病毒的感染和繁殖	(42)
第八节 病毒感染的不同方式	(45)
第九节 病毒的定量测定	(47)
第十节 病毒性疾病的防治	(49)
第三章 细菌	(52)
第一节 细菌的外部形态	(52)
第二节 细菌细胞的结构	(55)
第三节 细菌的繁殖与菌落特征	(69)
第四节 几种常见的细菌	(71)

第五节	放线菌·····	(74)
第六节	介于病毒与细菌之间的微生物·····	(79)
第七节	细菌的鉴定·····	(82)
第四章	真菌·····	(86)
第一节	真菌的一般形态结构·····	(87)
第二节	真菌的繁殖方式·····	(91)
第三节	真菌的分类及其代表种·····	(98)
第四节	微生物基本类群小结·····	(111)
第五章	微生物的营养·····	(114)
第一节	微生物细胞的化学成分·····	(114)
第二节	微生物的营养特性·····	(117)
第三节	微生物的营养类型·····	(121)
第四节	微生物对营养物质的吸收·····	(124)
第六章	微生物的代谢·····	(131)
第一节	微生物代谢中的酶·····	(131)
第二节	微生物的产能代谢·····	(137)
第三节	微生物的合成代谢·····	(152)
第七章	微生物的生长与环境·····	(156)
第一节	微生物群体的生长·····	(156)
第二节	环境因素对微生物生长的影响·····	(167)
第三节	消毒、灭菌和防腐·····	(178)
第四节	抑菌剂和杀菌剂的作用机理·····	(186)
第八章	微生物的遗传变异·····	(189)
第一节	遗传物质及其复制·····	(189)
第二节	遗传信息的传递·····	(193)
第三节	微生物的变异·····	(199)
第四节	诱变育种·····	(210)

第五节	定向遗传变化·····	(215)
第六节	细菌的有性繁殖和基因重组·····	(220)
第七节	基因工程·····	(225)
第九章	微生物的生态·····	(229)
第一节	微生物在自然界中的分布·····	(229)
第二节	土壤—微生物生态系·····	(230)
第三节	水中的微生物及其分布·····	(236)
第四节	空气微生物·····	(238)
第五节	正常人体及动物体中的微生物区系·····	(239)
第六节	微生物在自然界物质循环中的作用·····	(243)
第七节	微生物与污水处理·····	(249)
第十章	传染与免疫·····	(252)
第一节	病原体·····	(252)
第二节	病原体的致病力·····	(256)
第三节	传染病的传播·····	(260)
第四节	感染的类型·····	(262)
第五节	流行病与地方病·····	(266)
第六节	抗感染免疫·····	(268)
第七节	变态反应·····	(281)
第八节	免疫学防治·····	(285)
第十一章	微生物的应用·····	(289)
第一节	食品酿造·····	(289)
第二节	食用真菌的栽培·····	(295)
第三节	青贮饲料和微生物性饲料·····	(303)
第四节	植物病虫害和杂草的微生物防治·····	(307)
第五节	沼气发酵·····	(311)
第十二章	微生物学的基本实验方法·····	(317)

- 实验一 细菌的染色Ⅰ：简单染色法
- 实验二 显微镜的构造和使用
- 实验三 细菌的染色Ⅱ：几种鉴别染色法
- 实验四 细菌细胞大小的测量
- 实验五 细菌的染色Ⅲ：细胞学染色法
- 实验六 微生物游动性的观察方法
- 实验七 放线菌、酵母和霉菌的观察
- 实验八 培养基的制备和灭菌
- 实验九 微生物的分离和纯化技术
- 实验十 微生物细胞数目的测定
- 实验十一 细菌胞外酶的活性
- 实验十二 糖类的发酵
- 实验十三 物理因素对微生物的影响
- 实验十四 化学因素对微生物的影响
- 实验十五 水的细菌学检验
- 实验十六 蘑菇菌种的分离培养

附录Ⅰ：染色剂和试剂

附录Ⅱ：培养基

附录Ⅲ：实验用的主要仪器和设备

绪 论

微生物学研究的对象和任务

生物界中有一类形体微小，结构简单，广泛分布于土壤、空气、水域、人体和动植物体内的，营独立或寄生生活的生物，如细菌、放线菌、病毒、酵母、霉菌、某些微小的藻类和原生动物等，它们不能或不易用肉眼辨识，通常必须借助光学显微镜或电子显微进行观察，这一类生物称为微生物。研究微生物的形态结构、分类、生命活动及其与周围环境的相互作用规律的科学称为微生物学。

微生物学的主要任务是揭露微生物的多样性及各种基本规律，探讨它们与人类社会的关系及应用它们为人类社会服务的各种可能途径。因此微生物学是一门既研究基础理论，又研究实践应用的科学。目前微生物学的应用范围已涉及工业、农业、食品、医疗卫生、环境保护、国防、宇航事业等各种行业。

按照研究的任务，微生物学可分为医药微生物学、工业微生物学和农业微生物学。由于研究内容和实际应用的不断发展，它们的分支越来越细。同时，生产实践的需要也推动了微生物生命活动基本规律的研究，从而导致按理论学科的分科也越来越细，形成了微生物的形态学、分类学、生理学、遗传学等专门学科。现代微生物学的研究还与细胞生物学、分子生物学、生物化学、分子遗传学等学科相互渗透，相互促进，进展飞速，这对探讨生命的本质、起源与进化等方面有着重要的意义。

微生物学发展概况

一、古代劳动人民的实践与微生物的利用

在十七世纪末发明显微镜之前，人类还不知道自然界中有肉眼看不见的生命。尽管如此，却在生产生活和医药卫生方面积累许多利用微生物进行生产和防治疾病的经验。

我国在公元前十四世纪的《书经》里，就有“若作酒醴，尔维曲蘖”的记载，意思是酿酒需用酒曲和谷芽。在公元前十世纪左右，已能利用豆类在霉菌作用下制酱。在《论语》中记载孔子“不得其酱不食”一事，说明酱已是当时不可缺少的调味品。可见当时劳动人民已能利用微生物酿制酒、酱、醋等日常食品。

根据公元前一世纪的《记胜之书》的记载，在农业生产方面，人们已经知道肥田要用“熟粪”；农作物与豆类作物轮作或间作可以增产。公元五世纪贾思勰的《齐民要术》也反复指出种过豆类的土壤，其后作物产量较高。

在医学方面，古代人民对疾病的病原和传染问题已有推论。如春秋战国时代的名医扁鹊主张防重于治的正确医学思想，汉代名医华佗主张用手术割去腐肉以防传染。公元四世纪葛洪著的《时后方》记载了天花病及其流行方式，并在宋真宗时代（公元998—1022）采用种痘预防天花的方法，比西方采用此法要早得多，但在西方却先发展为免疫法。

上述的各种例子都是古代人类在发现微生物之前，在生活、生产中利用和控制微生物的实际经验。它们也是后来微生物学发展的必要条件。

二、微生物的发现和早期的微生物形态学

微生物的发现依赖于显微镜的发明。十七世纪最初出现的显

显微镜是非常简单的，常常只是一粒装在支架上的玻璃珠。经过马尔丕基（Malpighi）、虎克（Hooke）、吕文虎克（Leeuwenhoek）等人的研究，发展成比较适用的工具。

早在1665年虎克发表了一本《微生物志》（Micrographia），其中描绘和叙述了许多根据他的显微镜观察到的高等微生物和丝状真菌（霉菌和锈菌）。

吕文虎克制造的显微镜的放大倍数大约可达200倍。他利用自己制造的显微镜发现了污水中的原生动物、雨水中的细菌、牙垢、酒、醋、腐败有机物中的多种微生物。有些能游动，有些只能在一定位置上呈现布朗运动。他还发现细菌用醋或热处理会“立即死亡”。

吕文虎克从1673年开始，把他的发现写了200多封信寄给英国皇家学会，直至他逝世时为止。

以后许多人的研究肯定了吕文虎克的发现。随着显微技术的发展，自然科学家才能对各种各样的微生物的形态结构进行较好的研究，并进行了简单的分类。但在此后的两个世纪中，对微生物生命活动的基本规律的了解进展得很慢。

三、微生物学的发展

吕文虎克的发现引起的第一个争论是微生物的起源问题。一些人认为食物腐败后在显微镜下检得的细菌是自然发生的。自然发生说意味着微生物可以从没有生命的物质直接产生。

法国科学家巴斯德强烈反对这种观点，他设计了一种简单的曲颈烧瓶（图0—1），瓶内装肉汁，经加热至沸腾，冷却之后，空气可以通

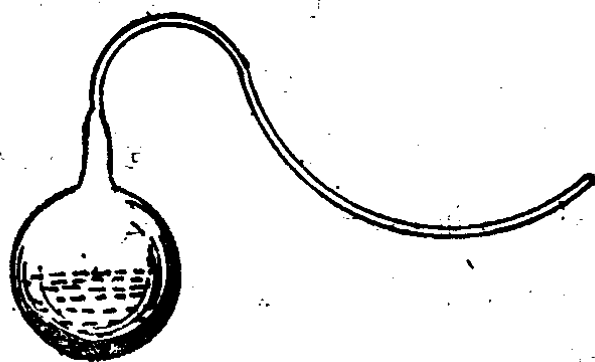


图0—1 巴斯德曲颈烧瓶

过曲颈，但润湿的曲颈壁可以阻止尘埃颗粒和细菌进入瓶内，因而瓶内经过灭菌的肉汁，没有细菌出现。但另一个烧瓶从顶端开口，无细长的曲颈装置，瓶内经加热灭菌的肉汁发生腐败，出现大量细菌。巴斯德的试验有效地否定了自然发生说，同时创造了加热灭菌法，后来被称为巴斯德消毒法，至今仍被广泛地采用。

巴斯德时代（十九世纪中叶）是资本主义上升的时代，当时酿造业的发展大大地推动了微生物学的发展，巴斯德通过一系列试验，证明了酒精发酵是酵母菌引起的，由酒精产生醋酸或乳酸则是另一些微生物（醋酸菌和乳酸菌）引起的。这些微生物需要不同的生活条件，控制发酵条件可以控制微生物的发展过程，得到预期的效果。巴斯德的这些研究成果对当时的酿造工业的技术革新起了很大的作用。

此外，巴斯德还发现许多疾病是由微生物引起的，并提出隔离病原，防止传染的防治措施，奠定了传染病的病原菌学说，使医学发生根本性的变革。他在研究病原菌与其他微生物的相互关系时指出，人类的疾病可能采用一种微生物克制另一种微生物的方法来治疗。

巴斯德的研究工作涉及微生物生命活动的许多重要方面，使微生物学冲破形态学的框框，走向生理学发展阶段。

继巴斯德之后，柯赫（R·Koch）对传染病的病原菌学说作了重要的贡献。他反复研究证明了牛的炭疽病是由一种能形成芽孢的细菌（炭疽芽孢杆菌）引起的，并用实验方法证实它的传染性。柯赫在研究过程中创造了许多巧妙的分离纯化和培养细菌的方法，保证培养液中只有一种微生物，称为纯培养。利用这些方法使病原菌得以分离，通过形态生理的研究，弄清病原菌与疾病的关系，使疾病的防治建立在科学的基础上，推动了近代医学的发展。

1892年,伊万诺夫斯基(П. И. Ивановский)发现,烟草花叶病的病原是一种比细菌小得多,用光学显微镜观察不到的微生物,称之为病毒,并创造了传染病的病毒学说。病毒的发现扩大了人类对生物界的认识。

二十世纪以来,许多科学工作者在微生物的生理生化方面进行了许多研究,阐明了微生物代谢的基本规律和控制代谢的基本原理,并将微生物应用于工业生产的许多方面。例如用深层发酵法生产各种有机酸、乙醇、丙酮、抗菌素、氨基酸、酶、维生素、核酸类及蛋白质等工业产品。发酵工业的新技术、新产品目前仍在不断发展。

三十年代电子显微镜的出现及各种精密的物理实验方法的引进和应用,使微生物学的研究从细胞水平上升到亚细胞水平和分子水平。深刻阐明了生物大分子的结构与功能的联系、基因与表型的联系、原核细胞和真核细胞的区别和联系、非细胞与细胞生物的区别和联系。目前,分子生物学研究的重大进展主要是以微生物为研究对象取得的。使微生物学的研究与生物学许多其他分支发生相互渗透的关系。无疑,微生物学将在新的基础上对生命科学的研究及其在工农业生产中的应用发挥更加重要的作用。

微生物在生物界中的地位 及其分类命名原则

一、微生物在生物界中的地位

生物自然界的发生和发展是一个从简单到复杂,从低级到高级的过程。地球上种类繁多的生物都是长期历史发展的产物,它们起源于共同的祖先,通过遗传变异和自然选择,演化成适应于各种环境条件的、具有不同形态和生理类型的、形形色色的生命

形式。

人类很早就把极端多样性的生物自然界分为二个基本类群：动物界和植物界。直到本世纪上半叶，许多教科书仍然把含有叶绿素的低等藻类和不含叶绿素而大多不能运动的细菌、真菌等归属于植物界；把不含叶绿素而能够运动的生物归入动物界。但是，由于微生物的形体微小，结构简单，在生命活动方面有许多共同特点，而在研究方法上有许多共通之处，它逐渐地被作为一个独立类群来研究。然而，随着生物科学的深入发展，人们对各类生物的认识更加清楚。现在看来，微生物并不是生物界的一个独立类群，因此，学者们提出了一些划分生物类群的新见解。例如1969年，魏泰克（Weittaker）建议把生物分为五个类群：原核生物界、原生生物界、真菌界、植物界与动物界。1979年我国学者又建议把病毒、细菌、蓝藻作为独立的界。这样，整个生物自然界可分为病毒、细菌、蓝藻、真菌、植物和动物六个界。

新建议的分界法是把生物界按基本结构单位分为细胞生物和非细胞生物两个类群。非细胞生物包括病毒和噬菌体。细胞生物包括一切具有细胞形态的生物。由于细胞分为原核细胞和真核细胞二种，细胞生物也相应地分为原核生物和真核生物两类。细菌、放线菌和蓝藻属于原核生物，而真菌、植物和动物则属于真核生物。

原核细胞和真核细胞的主要区别在于：原核细胞无真正的核，但有核区；核区内有核质，但它与细胞质之间没有核膜隔开，遗传物质DNA是裸露的；细胞质内没有任何细胞器。真核细胞的结构要比原核细胞复杂得多，它有分化完善的核，核被核膜包围着；细胞质中有各种细胞器。因此，真核生物的发生可能晚些，它们是由原核生物演化而来的。非细胞生物的结构比细胞生物简单。但它们营寄生生活，因此它可能是由细胞生物退化

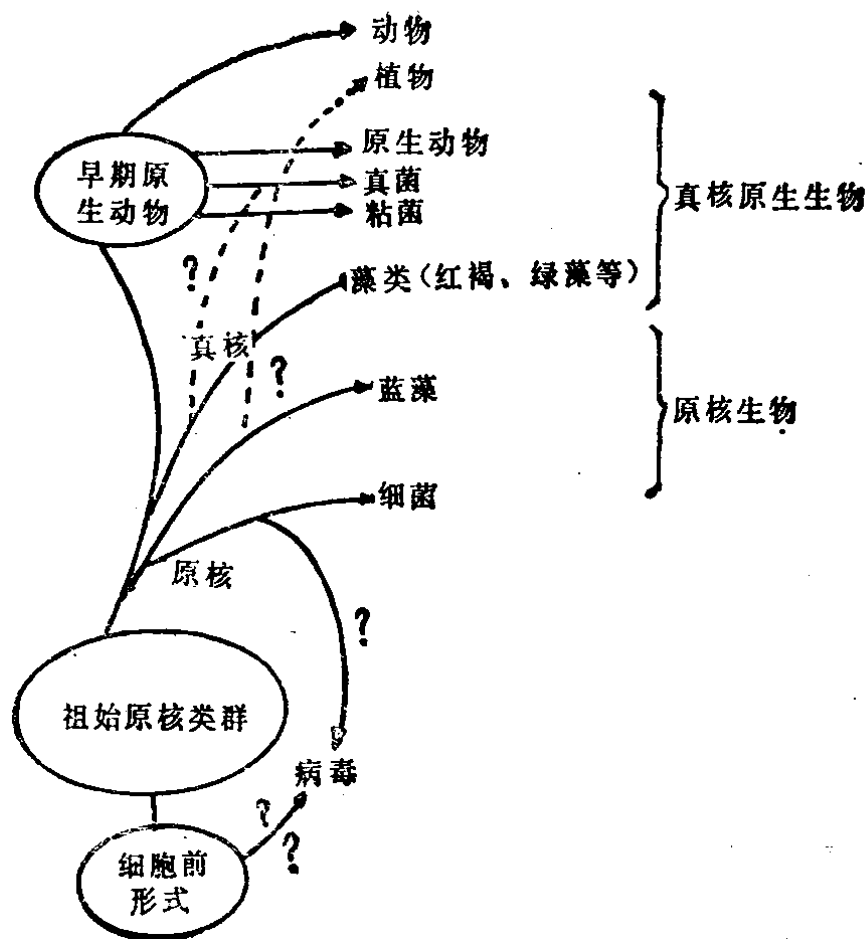


图0—2 生物主要类群的可能进化途径。圈内系假设的已消失的类群而来，也可能由某种原始类型独立产生的。图0—2是生物各类群的可能进化途径及其在生物自然界中的地位。从图中可以看出，微生物在生物界中分布很广，包括非细胞生物和原核生物的全部及真核生物的一部分。目前已知的微生物有十万种以上。据估计这个数字可能只是整个微生物种数的十分之一。可见还有很大的微生物资源等待人们去开发。

二、微生物的分类命名原则

微生物的分类单位与高等生物一样。以种为基本单位。相近的种归为属，相近的属归为科，科以上依次逐级归为更大的目、纲、门、界等单位。种以下则可细分为变种、菌株等。各级分类单位之间又可根据需要，加设亚门、亚纲、亚目、亚科、亚属、亚种等。

微生物的命名也和高等生物一样，采用林奈（Linneaus）所创立的双名法，作为国际通用的学名。双名法是指每一种微生物的名称都由属名和种名两个拉丁词组成。属名为名词，写在前面；种名为形容词，写在后面。属名的第一个字母必须大写，而种名则一律小写。一个完整的学名，除了属名和种名外，在最后还要加上命名人的姓。例如，啤酒酵母的学名为：

Saccharomyces cerevisiae Hansen

（属名） （种名） （命名人）

有时只泛指某一属的微生物，而不特指某一具体的种，或只知属名不知种名，在这种情况下，可在属名后加 sp（species 的单数）或 spp（复数）来表示。

现在以啤酒酵母为例说明它在分类系统中的归属情况：

门：真菌门 Eumycophyta

纲：子囊菌纲 Ascomycetes

亚纲：原子囊菌亚纲 Protoascomycetes

目：内孢霉目 Endomycetales

科：内孢霉科 Endomycetaceae

亚科：酵母亚科 Saccharomycetoideae

属：酵母属 *Saccharomyces*

种：啤酒酵母 *S. cerevisiae* Hansen

第一章 观察微生物形态结构的工具和方法

第一节 显微术的基本原理

微生物学工作者的基本任务之一是识别和描述微生物的形态结构。描述的精细程度和准确性首先依赖于所用的观察工具和方法。目前所用的观察工具主要是各种光学显微镜和电子显微镜。它们的放大倍数从数百倍到近百万倍不等。可以根据研究的目的和对象选用不同的显微镜。为了达到良好的观察效果，必须对标本进行适当处理，制成观察标本并加以染色。

一、光学显微镜

目前使用的光学显微镜是复式显微镜。它具有二个透镜系统：接物镜和接目镜（图1—1）。由接物镜放大的图象再由接目镜作进一步的放大。总放大倍数等于接物镜放大倍数和接目镜放大倍数的乘积，可根据透镜系统上标记的放大倍数（例如在各接物镜上分别记为： $10\times$ 、 $40\times$ 、 $90\times$ ；在接目镜上记为： $5\times$ 、 $10\times$ 、 $15\times$ ）进行计算。例如所用接物镜为 $40\times$ ，接目镜为 $15\times$ ，则总放大倍数为 $40\times 15 = 600$ 倍。

较高的放大倍数需要有较好的照明条件。为此，显微镜镜台下面装有另一个透镜系统，叫作聚光镜。它能对来自反射镜的光起聚焦或集中作用，提供一个有足够角度的光锥以满足接物镜孔径的需要（图1—2）。在使用高倍接物镜或油镜时，如果只靠反射镜，是不可能达到这一目的的。

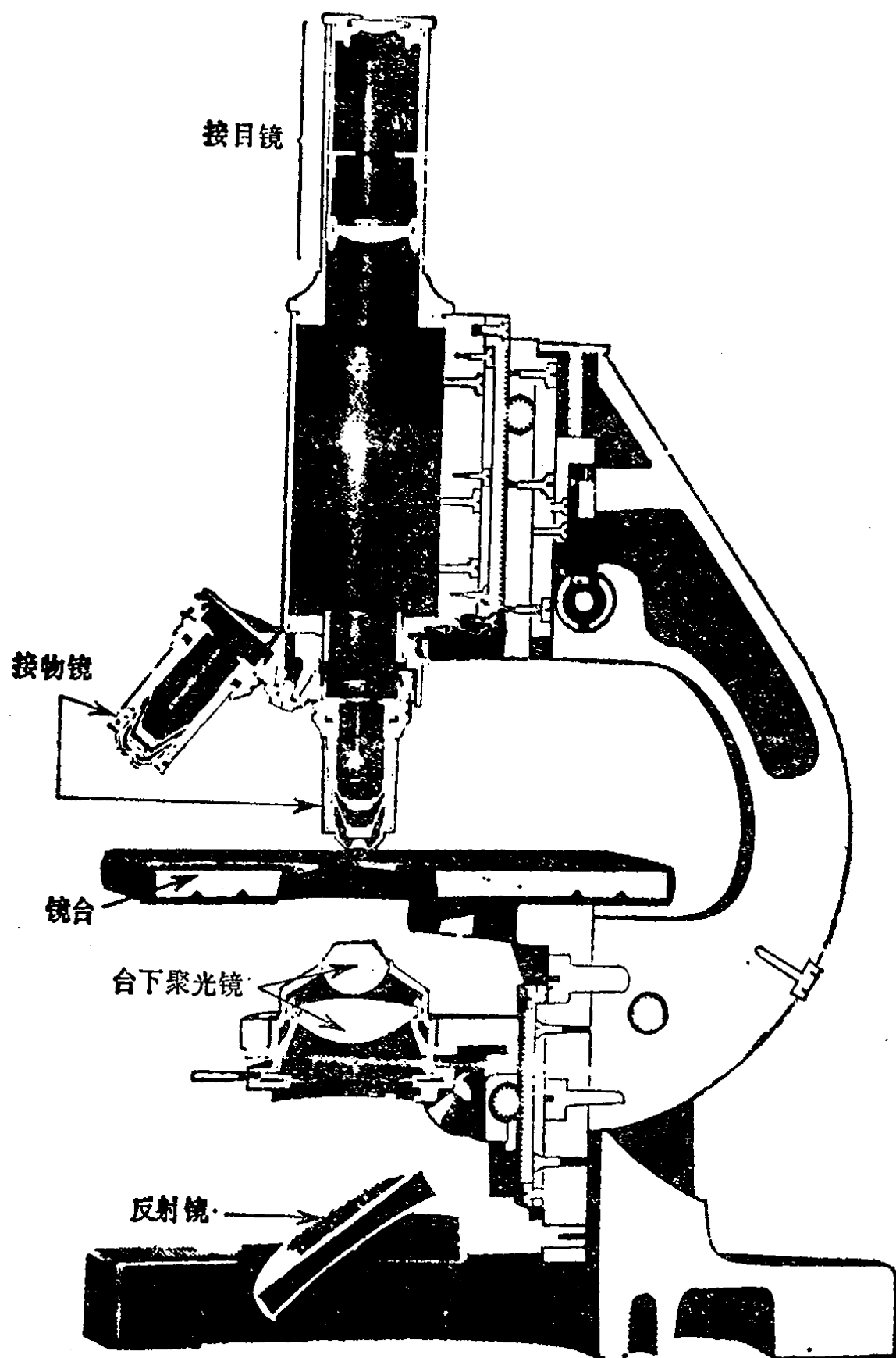


图1—1 显微镜的构造

显微镜的性能的好坏不仅取决于放大倍数还与它的清晰度和分辨率有关。显微镜的清晰度是指反差问题。由透镜放大的物象

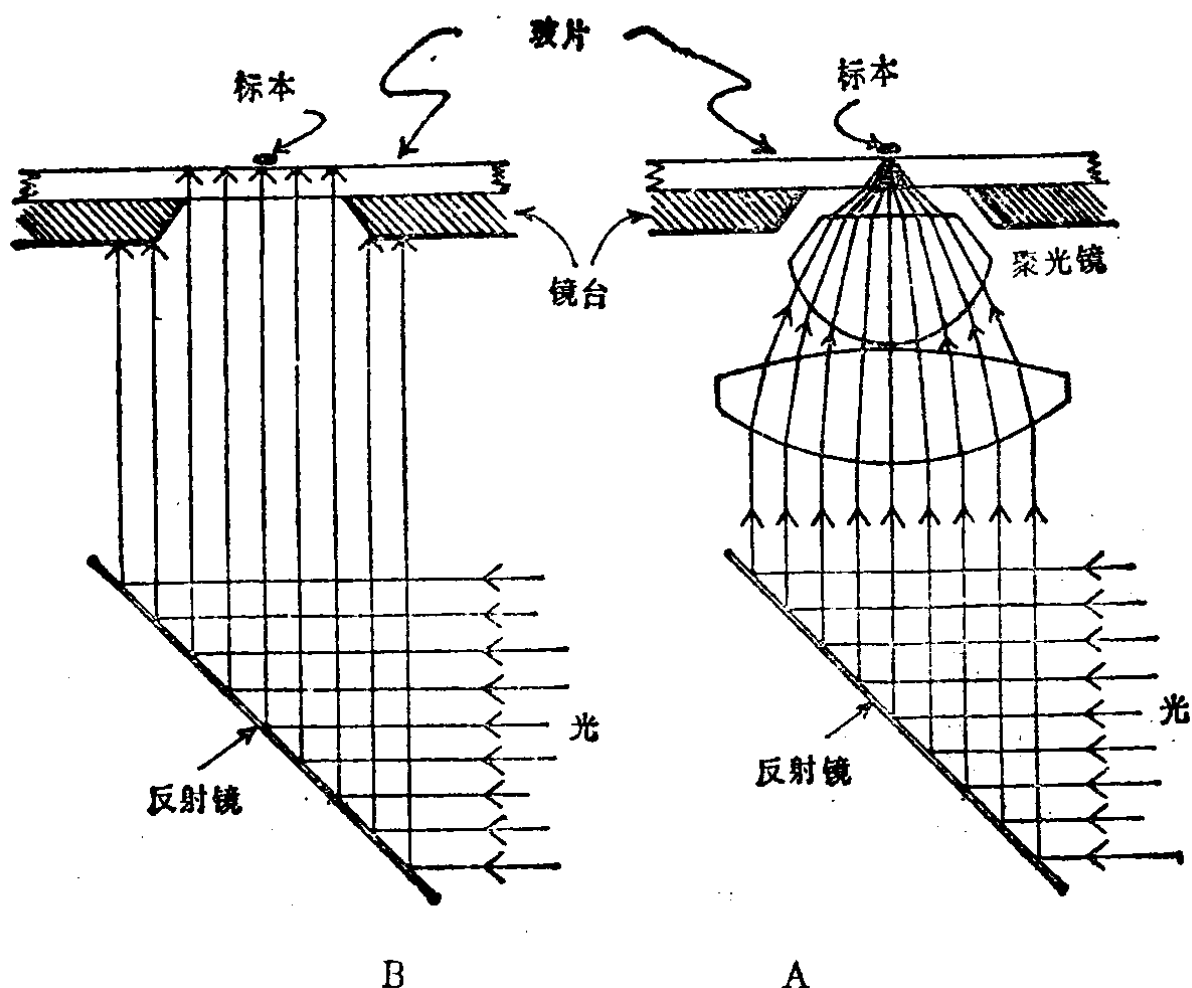


图1—2 有台下聚光器 (A) 和无台下聚光镜 (B) 的照明情况
常不能完全显示出物体原有的形状和颜色，这种形状失真的现象称为球面象差；而颜色失真的现象，叫作色差。球面象差和色差可利用不同的玻璃和矿物萤石得到部分纠正。普通的或消色差的接物镜就可以满足许多常规用途。

显微镜的分辨力是指透镜对所观察的物体的在相邻的微小部分之间形成可区别的镜象的能力。透镜系统的分辨力取决于物镜的数值孔径 (Numerical aperture; NA) 和照明光源的波长。数值孔径是指进入透镜的光锥的半角的正弦和物镜与玻片之间媒质折射系数的乘积：

$$N.A. = \eta \sin \theta$$

物镜的分辨能力与数值孔径成正比，而与所用光线波长成反比。即用短波长的光线可以提高显微镜的分辨能力。显微镜的分