



植物生物学实验

第2版

汪小凡 杨 继 编著



高等教育出版社
Higher Education Press

内容提要

本书是杨继主编的《植物生物学》(第2版)的配套实验教材。在修订过程中,注重与课堂教学内容的呼应和联系,但又相对独立,突出基本技能训练,变以“看”为主到“做”、“看”并重。《植物生物学实验》第2版包括基本实验技能、基础实验和自选实验三部分,仍以形态结构和系统分类(多样性)内容为主,适当增加了有关生理代谢、生态和遗传进化的内容,并在实验材料的选择方面,兼顾南北地域特点,以增强教材的适用性。本书的另一个特色是用提出问题和学生回答的形式,提示学生应该着重观察哪些内容,应该观察到哪些结果,以及从哪些方面对观察结果进行分析和解释,以促进學生独立操作、独立观察和独立分析问题能力的培养。

本书可作为各类大专院校开设植物生物学实验课程的教材,也可供中学生物学教师或其他读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

植物生物学实验/汪小凡,杨继编著—2版.—北京:
高等教育出版社,2006.8
ISBN7-04-019014-1

I. 植... II. ①汪... ②杨... III. 植物学:生物学-实验-高等学校-教材 IV. Q94-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第060111号

策划编辑 王 莉 责任编辑 张晓晶 封面设计 张 楠 责任绘图 朱 静
版式设计 陆瑞红 责任校对 杨雪莲 责任印制 韩 刚

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landrace.com
印 刷	廊坊市文峰档案文化用品有限公司		http://www.landrace.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	850×1168 1/16	版 次	2000年6月第1版
印 张	12.5		2006年8月第2版
字 数	330 000	印 次	2006年8月第1次印刷
彩 插	10	定 价	18.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换,

版权所有 侵权必究

物料号 19014-00

前 言

本书是杨继主编的《植物生物学》(第2版)的配套实验教材,是在杨继主编的《植物生物学实验》(2000年版)的基础上融入近年来植物生物学实验教学改革成果修订而成的,主要用于高等学校植物生物学实验教学。全书分为基本实验技能、基础实验和自选实验三部分。

为了突出基本实验技能的训练,我们把植物生物学实验课中常用的各种基本的方法、技术汇集在一起作为本教材的第一部分,其中包括徒手切片、压片、整体透明封片等各种制片方法,植物形态描述、标本制作、检索表使用等技能,以及绘图、摄影等记录实验结果的方法。基本实验技能的训练应成为每个实验的主要内容之一。

在基础实验部分,我们共选择了26个实验,内容涉及植物细胞和组织的基本组成、植物体的形态与结构、植物的生长与代谢、植物的主要类群以及植物种群和群落的数量与空间特征等。绝大部分基础实验都相对简单和易于操作,尤其是植物生长与代谢方面的实验大多选择的是对仪器装备要求不太高的实验内容,而主要从植物的形态结构与生理功能联系的角度选择和安排实验。每个实验所采用的实验材料,都比较充分地考虑和照顾到我国不同地区植物种类的差异。为改变传统植物学实验中以观察切片为主的教学模式,本教材力图将与实验相关的能力的培养放在一个重要的位置,基本上在每个实验中都安排了一项基本技能训练。

自选实验或称为开放实验,是生物学实验课程改革的重要方向之一。一方面,每个基础实验在实验内容和实验材料方面可以给学生一定的自主选择的空间;另一方面,在本书的自选实验部分,我们提供了一系列可供学生选择的实验,包括植物的形态多样性与遗传多样性的分析、植物组织切片及显微化学染色、植物组织培养和无土栽培、传粉生态研究与花粉管生长观察以及浮游植物调查等。书中仅简单介绍了有关背景知识和实验方法,学生可根据自己的兴趣,在进一步查阅相关文献资料的基础上选定一个小课题,自行制订更详细的实验方案,自主完成实验器具的准备、试剂的配制、结果的记录和分析,直至以小论文的形式完成实验报告。

作为实验课教材,本书力图体现以下特色:①在实验内容方面仍以植物的形态结构和植物类群等为主,适当安排植物生长发育、遗传、变异与生态等内容。②突出基本技能训练,使之成为每堂实验课的主要内容之一。变以“看”为主到“做”、“看”并重。相应地,适当精简有关结构观察



的内容,尤其是减少永久制片的使用频率。③ 增加户外观察和实验的内容,多给学生接触自然、联系实际的机会。④ 自选实验方面,提供一些选题和实验设计思路,既给学生一个比较广泛的范围,又有一定的引导和限制,以方便实验条件的准备。⑤ 在实验材料的选择方面,兼顾南北地域特点,增强教材的适用性。⑥ 规范实验报告,提供一些图片作为作业,以减少学生实验课堂上的绘图作业量,使之将主要精力放在操作、观察和思考上。

对于学生而言,实验教学的观察是一个主动参与的过程,通过运用生物学家经常使用的方法和手段对自然界千姿百态的植物进行直接观察,不仅会发现生命活动中蕴藏着许多生物学的基本原理以及生物进化和发展的基本规律,同时也会认识到植物的生命活动中仍然充满着有待于深入研究和探索的奥秘。因此,参与实验的学生不必局限于教材上叙述的或者教师要求的实验内容,而应主动地去观察和发现问题,认真思考、大胆解释。科学工作者的一个重要素质就是善于发现问题,特别是发现别人所忽视的问题,而实验教学正是培养这种能力的最佳途径。

编 者

2006年2月

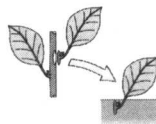
目 录

第一部分 基本实验技能

1	植物形态描述	3
2	光学显微镜的使用与维护	8
3	显微测量技术	11
4	生物绘图法	13
5	生物科学摄影	15
6	临时装片及染色	18
7	根尖的离析与压片	20
8	徒手切片	22
9	木材的离析制片	24
10	整体透明封片	25
11	花程式和花图式	26
12	花粉形态制片	28
13	植物检索表的使用与编制	30
14	植物标本的采集和制作	34

第二部分 基础实验

15	植物形态的多样性	39
16	植物体的元素组成	44
17	植物细胞(I):植物细胞的基本结构	47
18	植物细胞(II):植物细胞中的后含物	52
19	植物细胞(III):有丝分裂与减数分裂	56
20	植物组织(I):分生组织	61
21	植物组织(II):成熟组织	65
22	植物组织(III):水势和渗透势	71
23	孢子植物(I):藻类植物	75





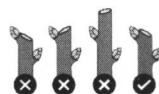
24	孢子植物(Ⅱ):真菌	82
25	孢子植物(Ⅲ):苔藓植物	87
26	孢子植物(Ⅳ):蕨类植物	93
27	种子植物(Ⅰ):裸子植物	100
28	种子植物(Ⅱ):被子植物	104
29	根(Ⅰ):根的形态与结构	109
30	根(Ⅱ):根的生长	113
31	茎(Ⅰ):茎的形态与结构	115
32	茎(Ⅱ):茎的输导作用	121
33	叶(Ⅰ):叶的结构与生态类型	124
34	叶(Ⅱ):叶绿体色素与光合作用	130
35	花(Ⅰ):花的形态与结构	135
36	花(Ⅱ):花粉粒的形态与萌发	140
37	果实和种子(Ⅰ):果实和种子的类型	144
38	果实和种子(Ⅱ):种子的生活力	150
39	植物种群:种群数量与年龄结构	152
40	植物群落:群落结构与物种组成	155

第三部分 自选实验

41	植物形态变异的数量分析	163
42	植物种群的遗传多样性检测	166
43	植物的核型分析	170
44	植物组织切片	172
45	植物组织和细胞的显微化学染色	175
46	植物组织培养	179
47	植物的无土栽培与受控实验	182
48	开花与传粉过程的观测	185
49	花粉萌发与花粉管生长的观察	187
50	浮游植物的调查和鉴定	189

彩版

图版



第一部分

基本实验技能



1

植物形态描述

植物界的物种多样性和遗传多样性以及植物所处生态环境的多样性导致了植物形态的多样性,学习和研究植物的形态就要学会使用科学的语言对植物的形态特征进行描述。苔藓植物、蕨类植物和种子植物在形态上存在较大的差异,各有一套适用的形态术语,但对某些基本形状(如叶形)的描述所用术语是通用的。

正式出版的植物学专著如植物志、高等植物图鉴(或图谱、图说)上有对许多植物的形态描述,可以模仿或参照这些著作上的范例来学习对植物形态描述的规范。

1. 植物形态描述的基本规则

- 形态观察和测量:植物形态描述建立在对实物(生活植株或标本)的实际观察的基础之上。对数量形状要进行测量,肉眼不能分辨的性状要借助体视显微镜观察。为了更好地了解植物的形态变异,可能要对该植物的居群(种群)进行考察,或者要查阅多份植物标本。

- 描述的次序:高等植物都有着复杂的形态结构,形态描述要按一定的次序进行。总的顺序是:先整体后局部,由下而上,自外向内。先描述生活型和株高,再自下而上地依次叙述其根、茎、叶;先描述花的总体特征,再自外向内叙述其萼片、花瓣、雄蕊、雌蕊;描述雄蕊,则先陈述雄蕊的数目、排列方式、结合与否,然后自下而上说明其花丝和花药的特征。

- 形态术语的运用:描述植物的形态特征只能应用科学语言,不能使用俗语,一般情况下也不应该使用自创的术语。

- 句式的规范:描述植物要用最简洁的句子。对每一性状的描述,都要把性状(器官)名称放在句首,后面直接加上表示状态的形容词或数词。例如,叙述花的颜色为白色的句式为“花白色”,而不是“白花”;叙述雄蕊数目为5枚的句式为“雄蕊5”,而不是“5个雄蕊”。

- 形态变异的处理:要正确把握形态变异的性质,区分正常的变异和畸变。描述植物尤其是描述数量形状时要充分体现其正常的变化幅度。



2. 种子植物的形态术语

(1) 生活型

生活型是植物对综合环境条件长期适应而在外貌上反映出的类型。习惯上把茎木质化的植物称为木本植物,把茎中木质部不甚发达而为草质者称为草本植物,把具长茎而不能直立、只能依附他物攀升的植物称为藤本植物。

木本植物,依植株高低和生长状态,可分为:① 乔木,木质部极发达,具单个主干,高 5 m 以上。② 灌木,高 5 m 以下,主干不明显。依冬季或旱季落叶与否,将落叶者称为落叶乔木、落叶灌木,将不落叶者称为常绿乔木、常绿灌木。

草本植物,依其生长期的长短,可分为:① 一年生草本,当年萌发、当年开花结实后整个植株枯死。② 二年生草本,当年萌发、次年开花结实后整个植株枯死。③ 多年生草本,连续生存 3 年或更长时间,每年开花结实后地上部分枯死,地下部分继续生存。

藤本植物,依其质地可分为木质藤本和草质藤本。

(2) 根

根通常是植物体向下伸长的部分,用以支持植物体、吸收水分和养料,一般不生芽,绝不生叶和花。

根,依其发生的情况,可分为:① 主根,种子萌发出的最初的根,形成根系的主轴。② 侧根,主根的分枝。③ 须根,种子萌发后不久,主根萎缩而发生的许多成簇的根。

根,依其生长场所,可分为:① 地生根,生于地下。② 水生根,生于水中。③ 气生根,生于地面以上。④ 寄生根,伸入寄主植物组织中。

根系是一株植物根的总称,包括:① 直根系,具明显的主根。② 须根系,由须根组成。

(3) 茎和芽

茎是叶、花等器官着生的轴。茎通常在顶端或在叶腋处生有芽,由芽发生茎的分枝即枝条,茎上着生叶的部位称节,各节之间的距离称节间。

茎,依其生长方向,可分为:① 直立茎,垂直于地面,为最常见者。② 斜升茎,最初偏斜,而后变为直立。③ 斜倚茎,基部斜倚地上。④ 平卧茎,平卧地上,节上生根。⑤ 匍匐茎,平卧地上,但节上生根。⑥ 攀援茎,用卷须、吸盘等特有卷附器官攀登于他物上。⑦ 缠绕茎,螺旋状缠绕于他物上,有左旋及右旋者。

地下茎为变态的茎,大致有 4 种:① 根状茎,为直立或匍匐的多年生地下茎,有时极细长,有节和节间。② 块茎,为短而肥厚的地下茎,有些植物的假鳞茎也应归于此类。③ 球茎,为短而肥厚、肉质的地下茎,外有干膜质鳞片,芽藏于鳞片内。④ 鳞茎,为球体或扁球体,有肥厚的鳞片,基部的中央有一基盘,即退化的茎。

芽是尚未发出的枝、叶、花。依其着生位置,可分为:① 顶芽,生于枝条顶端。② 腋芽,生于叶腋内。③ 不定芽,生于叶腋或枝顶以外的部位。依其性质,芽可分为:① 叶芽,仅能发出带叶的枝条。② 花芽,仅发生花或花序。③ 混合芽,同时发生叶和花或花序。

(4) 叶

叶是制造食物和散发水分的器官,一枚完全的叶由叶片、叶柄和一对托叶组成。仅有一叶片的叶为单叶,具有多个分离的叶片的叶为复叶。

复叶的叶柄称为总叶柄,其所含的多个叶片称为小叶片,小叶本身的柄称为小叶柄。根据小



叶的排列方式可将复叶分为：① 羽状复叶，侧生小叶排列于总叶柄两侧，若有顶生小叶即是奇数羽状复叶，无顶生小叶则是偶数羽状复叶。② 掌状复叶，小叶在总叶柄顶端着生于一个点上。若总叶柄先作羽状(或掌状)分枝再于分枝上形成复叶即构成多回(二回、三回……)羽状(或掌状)复叶。

叶序，是指叶在枝上的排列方式，常有4种：① 互生，每一节仅着生1个叶。② 对生，每一节有2个叶相对着生。③ 轮生，每一节有3个或更多的叶排为一轮。④ 簇生，每一节有3个或更多的叶，单生于一侧。

叶形，即叶片的轮廓。下列术语用于描述叶形，也适用于萼片、花瓣等器官：① 针形，细长而顶尖，截面略为圆形、三角形或菱形。② 条形，长为宽的5倍以上，全长略等宽。③ 披针形，长为宽的3~5倍，最宽处在中部以下，向上下两端渐狭；若最宽处在中部以上则称为倒披针形。④ 椭圆形，长为宽的1.5~3倍，两侧边缘呈弧形；若两侧略平行则称为矩圆形。⑤ 卵形，形如鸡卵，中部以下较宽；若较宽处在中部以上则称为倒卵形。⑥ 心形，长宽比例如卵形，但基部宽圆而凹；若顶部宽圆而凹则为倒心形。⑦ 三角形，基部宽且呈平截形，三边几相等。⑧ 菱形，即等边的斜方形。⑨ 圆形，形如圆盘。

叶尖，即叶的顶端，其形状有：① 渐尖，尖头较长且逐渐尖锐。② 急尖，尖头较短。③ 钝形，钝而不尖。④ 截形，呈平切状。⑤ 倒心形，有较深的凹缺。叶基的形状除可用类似的术语描述外，还有耳形、箭形、戟形等。

叶缘，即叶片的边缘，其形态主要有：① 全缘，平滑而不具任何齿或缺刻。② 波状，稍具凹凸或起伏而呈波纹状。③ 齿状，凹凸较细且密，又有牙齿、锯齿、重锯齿等类型。④ 缺刻状，凹凸较粗大，缺刻深不及叶片1/3者为浅裂，缺刻深为叶片1/2左右者为深裂，缺刻深达叶片2/3以上则为全裂。

(5) 花序和花

花序是指花在花枝上的排列情况。整个花枝的轴称为总花轴。

花序，按花的开放顺序的先后，可分为：① 无限花序，花轴下部或边缘的花先开放。② 有限花序，花轴上部或中央的花先开放。

花序，按其结构形式，可分为：① 穗状花序，花多数，无梗，排列于一不分枝主轴上。由单性花组成的、总轴纤弱下垂的称为柔荑花序，总轴肉质肥厚且由佛焰苞所包围的为肉穗花序。② 总状花序，与穗状花序相似，但花有近等长的梗。③ 圆锥花序，总轴分枝复生总状或穗状花序，或泛指分枝疏松、形如塔状的花丛。④ 头状花序，花无梗或近无梗，密集于一平坦或隆起的总花托上而成头状；若总花托肉质中空，花隐藏其内，则为隐头花序。⑤ 伞形花序，花梗近等长，从花序梗顶端一点发出，形似张开的伞；若每一伞梗复生一伞形花序即为复伞形花序。⑥ 伞房花序，花梗排列于总轴上不同高度的各点，因最下的最长，渐上递短，使花序顶部呈一平头状。⑦ 聚伞花序，为有限花序，中央的花先开放，后渐及两侧，依每级分枝数目的多少又分为单歧聚伞花序、二歧聚伞花序、多歧聚伞花序等类型。

花是适应生殖功能的高度缩短的枝条。完全花由花托、花被、雄蕊群及雌蕊群组成，缺少其中一至三部分即为不完全花。

雄蕊、雌蕊皆存在的花为两性花，仅具雄蕊的为雄花，仅具雌蕊的为雌花。雌、雄花生于同一植株上的，称雌雄同株；雌、雄花生于不同植株上的，称雌雄异株。

花常有3种对称型：① 辐射对称，即整齐花，通过花的中心可作出几个对称面。② 两侧对



称,通过花的中心仅可作出一个对称面。③ 不对称,花无对称面。两侧对称及不对称的花均称为不整齐花。

花被包括花萼和花冠,花萼由萼片组成,花冠由花瓣组成。花萼、花冠皆具备的花为双被花,仅具花萼的花为单被花,花萼和花冠均缺少的花为无被花或称裸花。花瓣合生的花称为合瓣花,花瓣离生的花称为离瓣花。

雄蕊群是一朵花中雄蕊的总称。每一雄蕊由花丝和花药构成。花中雄蕊常是彼此分离的,称离生雄蕊;当一朵花中花丝结合在一起时,称单体雄蕊;成二束时,称二体雄蕊;成多束时,称多体雄蕊;当花药结合而花丝分离时,则称聚药雄蕊。

雌蕊群是一朵花中雌蕊的总称。每一雌蕊包括子房、花柱和柱头 3 部分。心皮是雌蕊的组成单位。一朵花中的雌蕊为一心皮时,称单雌蕊;一个雌蕊由 2 个或多个心皮合生时,称复雌蕊;有些植物的雌蕊由若干彼此分离的心皮组成,这是离生心皮雌蕊。

子房有时会与包围它的花托相愈合,此时子房为下位子房,子房不与花托愈合者为上位子房,若二者部分结合则为半下位子房。

子房中着生胚珠的位置称为胎座,常有 6 种类型:① 边缘胎座,单心皮形成子房,胚珠生于腹缝线上。② 中轴胎座,心皮合生且各成一室,胚珠处于子房的中轴上。③ 侧膜胎座,心皮互生,子房一室,胚珠生于相邻心皮之间相结合的腹缝线上。④ 特立中央胎座,心皮合生,子房一室,胚珠生于子房中央的中轴上。⑤ 基生胎座,单心皮或多心皮,子房一室,胚珠 1,生于子房基部。⑥ 悬垂胎座,单心皮或多心皮,子房一室,胚珠 1,生于子房顶部。

(6) 果实和种子

果实是受精后的子房发育形成的结构。果实的壁称果皮,果皮常分为 3 层:外果皮、中果皮和内果皮。纯粹由子房发育成的果实为真果,果实形成有子房以外的成分参与则为假果。

果实可分为 3 大类:① 单果,由一朵花中的一个子房或一个心皮形成的单个果实。② 聚合果,一朵花中若干离生心皮各自形成一单果,聚集成一整体。③ 聚花果,由一整个花序发育成的整体。

单果分为肉质多浆的肉果和干燥而少汁的干果。肉果包括:① 核果,外果皮薄,中果皮肉质,内果皮坚硬。② 浆果,外果皮薄,中果皮和内果皮肉质。③ 柑果,特指柑橘类果实,外果皮革质,中果皮纸质,内果皮膜质并向子房室内形成指状绒毛。④ 梨果,特指蔷薇科苹果亚科的果实,花托与子房壁愈合并肉质化。⑤ 瓠果,特指瓜类果实,由下位子房形成并有萼筒参与,1 室,多种子。干果又分为裂果和闭果。裂果包括:① 蓇葖果,单心皮发育而成,沿腹缝或背缝开裂。② 荚果,单心皮发育而成,多由背、腹缝同时开裂。③ 蒴果,由 2 个或多个心皮合生而成,沿腹缝或背缝裂开。④ 角果,两心皮合生,从心皮之间相连处裂开。⑤ 双悬果,由两心皮形成,成熟时分开,悬于心皮柄顶部。闭果包括:① 坚果,果皮坚硬,1 室,1 种子。② 瘦果,似坚果,但稍瘦小,果皮常紧包种子,有时为下位子房形成并有萼筒参与。③ 颖果,子房 1 室,1 种子,果皮与种皮愈合而不能分离。④ 翅果,瘦果状,具翅。

种子是受精后的胚珠发育而成的结构。包被种子的结构为种皮,种皮内的幼小植物体为胚。种皮上有种子成熟、脱落时留下的疤痕,即种脐;还常有各种形状的突起物,称为种阜。

有些植物的种子中有胚乳,即有胚乳种子;另一些植物的成熟种子中已不存在胚乳,即无胚乳种子。

胚包括胚根、胚轴、胚芽和子叶 4 部分。根据胚所具子叶数目可将种子分为单子叶种子和双



子叶种子。

示例——《中国植物志》对鼠耳芥(拟南芥)的描述

鼠耳芥(拟南芥)*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.

一年生细弱草本,高20~30 cm,被单毛与分枝毛。茎不分枝或自中上部分枝,下部有时为淡紫白色,茎上常有纵槽,上部无毛,下部被单毛,偶杂有2叉毛。基生叶莲座状,倒卵形或匙形,长1~5 cm,宽3~15 mm,顶端钝圆或略急尖,基部渐窄成柄,边缘有少数不明显的齿,两面均有2~3叉毛;茎生叶无柄,披针形、条形、长圆形或椭圆形,长5~15(~50) mm,宽1~2(~10) mm。花序为疏松的总状花序,结果时可伸长达20 cm;萼片长圆卵形,长约1.5 mm,顶端钝,外廓的基部成囊状,外面无毛或有少数单毛;花瓣白色,长圆条形,长2~3 mm,先端钝圆,基部线形。角果长10~14 mm,宽不到1 mm,果瓣两端钝或钝圆,有1中脉与稀疏的网状脉,多为橘黄色或淡黄色;果梗伸展,长3~6 mm。种子每室1行,种子卵形,小,红褐色。花期4~6月。

产华东、中南、西北及西部各省区。生于平地、山坡、河边及路边。朝鲜、日本、前苏联的西伯利亚和中亚地区、印度、伊朗、欧洲、非洲和北美洲都有分布。



2

光学显微镜的使用与维护

光学显微镜是生物科学研究的重要工具,也是植物生物学实验教学过程中最常用的工具之一。光学显微镜利用光学成像原理把被观察的物体放大几百倍甚至千倍以上,从而使人们能够对一些微小的生物或者生物体的很多细微结构进行仔细的观察。学习和研究生物学,就必须了解光学显微镜的基本构造和性能,并掌握正确的使用方法。

1. 光学显微镜的构造

普通光学显微镜由光学部分和机械部分组成。光学部分包括:物镜、目镜、聚光器和光源(或反光镜)等。机械部分包括:镜座、镜臂、镜筒、载物台、物镜转换器、粗调焦螺旋和细调焦螺旋等。在植物生物学实验中还会用到体视显微镜,主要用于观察微小器官的立体结构,其构造与普通光学显微镜略有不同(图 2-1)。

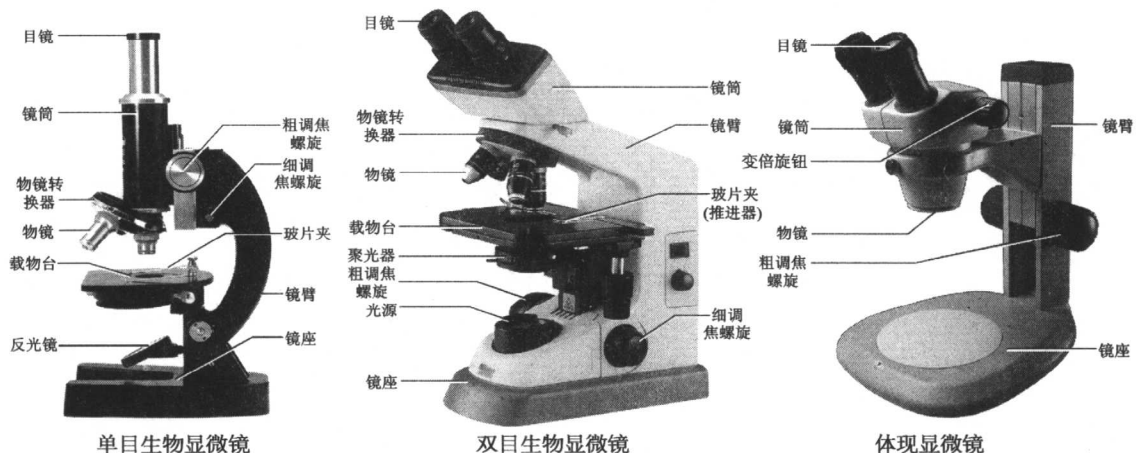


图 2-1 光学显微镜的构造



(1) 光学部分

● **物镜**:它是显微镜中最重要的光学部件,安装在物镜转换器上,决定了显微镜的质量、分辨率和放大倍数。常见的物镜有低倍镜($4\times, 10\times$)、高倍镜($40\times$),使用低倍镜和高倍镜时,物镜与玻片标本之间的介质是空气;而 $100\times$ 物镜称为油镜头,使用油镜头时,物镜与标本之间的介质为香柏油(液体石蜡亦可)。

● **目镜**:位于镜筒的上方,不同的显微镜有单目镜与双目镜的差别。目镜的功能是使物镜形成的中间物像(实像)进一步放大,在人眼的明视距离上成一虚像,使之便于观察。目镜放大倍数与物镜放大倍数的乘积为总放大倍数,但目镜的放大作用不是提高显微镜分辨率的决定因素。

● **聚光器**:安装在载物台的下方,其作用是将从光源照射过来的光线聚集在玻片标本上,以增强照明度。聚光器内有光圈,可以通过调节此光圈的开口大小来改变视野中物像的明暗和反差。聚光器升降螺旋也可以通过升降聚光器来改变标本的照明度。

● **光源**:显微镜的光源内置于镜座内,通常由照明灯泡、折光系统和一聚光镜组成,它为显微镜观察提供照明。老式显微镜则采用反光镜来作为取光设备,反光镜一面为平面镜,另一面为凹面镜,镜体可以在其弧弓支架上自由翻转以调整位置,使光线射向聚光器。

(2) 机械部分

● **载物台**:也称为镜台,是安置玻片标本的地方,中央有通光孔,来自聚光器的光通过此孔照射到标本上。载物台上有玻片夹用于固定玻片标本。现代显微镜多采用推进器(玻片移动器)来移动标本,推进器有两个共轴的旋钮,垂于载物台右侧下方,可借此前后左右移动玻片。

● **调焦螺旋**:粗调焦螺旋和细调焦螺旋能使镜筒或载物台升降,用于调节物镜与玻片标本之间的距离,以得到最为清晰的物像。粗调焦螺旋的调节幅度较大,而细调焦螺旋的调节幅度小但精度极高。现代显微镜的粗调焦螺旋和细调焦螺旋多采用共轴式结构,并有锁定装置避免物镜因接触甚至碰撞到玻片标本而受损。

● **镜筒**:镜筒为物镜与目镜之间的金属筒,为光学通路,其标准长度为 160 mm (少有 170 mm)。老式显微镜的镜筒为直筒式,而现代光学显微镜的镜筒中装有折光系统而产生一个适当的倾角,让使用者的观察更为舒适。

● **物镜转换器**:物镜转换器位于镜筒的下方,是一个可以转动的圆盘,通常有 $4\sim 8$ 个物镜接口用以安装物镜。转动物镜转换器即可让所要使用的物镜对准通光孔。

● **镜座和镜臂**:镜座是显微镜的底座,现代光学显微镜的镜座中都安装有光源。镜臂立于镜座之上,是镜筒和载物台等的支架。

2. 光学显微镜的使用与维护

● **取镜和安置**:左手紧握镜臂,右手托住镜座,把显微镜从柜中取出,放置在实验台上。显微镜应放在稍偏于身体的左方、离桌面边缘 $5\sim 10\text{ cm}$ 的位置,其右侧桌面用于放置实验记录本或绘图纸。

● **对光**:在使用显微镜观察玻片标本之前,打开内置光源的开关,调节好光源的亮度。如果使用无内置光源的老式显微镜,须用反光镜采集实验室的灯光或窗外的自然光,但不能利用直射的太阳光,以免损伤眼睛。为了迅速而正确地对光,先用低倍镜,开大聚光器光圈,在目镜中观察并转动反光镜,寻找最光亮的部分,同时又必须使整个视野中光线均匀。光线较弱时,可用凹面反光镜。还可以通过升降聚光器来改变视野中光线的亮度和均匀度。



● **安放玻片标本:**把玻片标本(切片)安置在载物台上,正面(粘有盖玻片并贴有标签的一面)朝上,用玻片夹夹住玻片,并移动玻片使需要观察的部分对准通光孔的中央。

● **低倍镜观察:**转动物镜转换器,将低倍($10\times$)物镜对准通光孔。在开始观察时,为了避免物镜压坏切片,先从侧面注视物镜与玻片之间的距离,转动粗调焦螺旋,使镜口逐渐接近玻片。当镜口与玻片间距离在5 mm左右时,开始反向旋转调焦螺旋缓慢地拉大二者距离,同时,眼睛对准目镜观察,至观察到标本的清晰物像为止。

● **高倍镜观察:**使用高倍镜之前,必须先用低倍镜观察。如果需要更仔细地观察切片中的某一部分结构,先在低倍镜下把要进一步放大观察的部分移到视野的正中央,然后,转动物镜转换器,换用高倍($40\times$)物镜观察。当换到高倍镜后,应该可以看到标本的影像,如果图像还不够清晰,只需轻轻转动细调焦螺旋,立即可以看到清晰的物像。

● **油镜头的使用:**需要使用油镜头观察时,要先将物镜移开,在要观察的部位加一滴香柏油或液体石蜡,将油镜头对准通光孔,从侧面注视镜头,调节粗调焦螺旋,使油镜头浸入油滴中,此时镜口几乎与玻片接触。然后,慢慢旋转细调焦螺旋,眼睛从目镜观察,直至清晰的物像出现。需要注意的是,使用油镜头时视野比较暗,要把聚光器光圈开大一些。

● **复原:**显微观察完毕,转动物镜转换器,将物镜从正对玻片的位置移开,取下玻片标本。观察过临时装片后,如果机械部分有水迹,要用软布擦干。使用油镜头后,用擦镜纸拭去镜头和玻片上的香柏油或液体石蜡。然后,左手握镜臂,右手托镜座,将显微镜放回柜中。

3. 显微镜使用过程中的注意事项

● **保洁:**使用显微镜时,要尽量避免灰尘落到镜头上,观察临时装片时,更应避免物镜被水、化学试剂及染料玷污。若目镜上有污迹,可用专用的擦镜纸轻轻擦拭,切不可用普通的棉布、卫生纸等擦拭镜头。物镜上如有污迹而影响观察,请指导教师或专业实验技术人员协助处理。

● **防潮:**显微镜应存放在干燥的地方,显微镜柜中可放上一些吸潮剂,以防止镜片因潮湿而生霉。

● **避免机械故障:**如旋钮转动有困难时,绝不能用力强制转动,而应查明原因,排除故障。如果自己不能解决时,要向指导教师或实验技术人员报告,寻求解决方案。