

第一章

绪 论

第一节 生命科学的发展

一、生命科学的研究对象

生物学 biology 是研究生命的科学 所以又称生命科学(life science) 它既研究生命体的生命活动现象及其本质, 又研究生命与环境之间的相互关系。

地球是一个富于生命多样性的巨大星球, 地球上形形色色生物千差万别的生命活动表现为生命的基本特征——新陈代谢 生长、发育和繁殖 应激性和适应性 遗传变异和进化等。而这些生命现象又反映了生命世界是物质世界 生命系统是一个多层次、非线性的、高度有序的、开放的、具有耗散特征、远离平衡态的复杂系统 生命运动是最高级最复杂的物质运动 整个生命运动过程中贯穿着物质、能量和信息三者的变化、协调和统一。无论从生命的基本物质组成 还是从生命活动的分子基础上 都反映了生命本质的高度一致性 生命多样性和生命本质的一致性的辩证统一是生物进化的结果。

二、生命科学发展概况

生命科学是一门历史悠久的学科, 大体起源于古代, 形成于近代, 高度发展于现代。

远古时期原始人以采集和狩猎为生, 后来转向农牧业生产。在实践中, 他们看到天体的变幻 接触到形形色色的动、植物 看生物的生死死 于是产生了万物皆变的带有朴素唯物主义思想性质的生命观。又由于当时生产力极为低下, 人们对变化莫测的生命现象无法解释, 因而又产生了万物有灵的原始宗教观念。

16 世纪以前, 在生命科学形成和发展上, 以我国和古希腊最为突出, 产生和发展了以农学和医学为主体的实用生物学。我国不仅约 6~7 千年前农业已达相当高水平, 5~6 千年前已发展原始畜牧业, 3 千多年前已开始室内养蚕, 牛痘的应用比西方早八百多年; 而且有大量著作 春秋战国的《诗经》中记有 260 多种动物和 350 多种植物 西汉的《尔雅》载有 1 千

多种动植物并作了初步分类。北魏的《齐民要术》系统全面地总结了公元6世纪前我国农业技术上的成就，是我国古代的一部农业百科全书；宋元时期的《梦溪笔谈》除了生物分类、形态、地理分布、驯养等生物学知识外，还有许多关于解剖学、生理学及医药方面的资料，为“中国科学史上的坐标”。秦汉时的《黄帝内经》较系统地论述了人体的结构和生理，介绍了疾病有关知识。汉代的《神农本草经》记载了365种药物。明代著名学者李时珍的《本草纲目》共载药物1892种，李时珍的分类和进化思想使之成为林耐和达尔文之前生物学界的巨人。

西方，古希腊在生物学方面贡献最突出的是亚里士多德（Aristotle）和希波克拉德（Hippocrates）。亚里士多德在大量观察和解剖动物的基础上，对540种动物进行了分类。希波克拉德已认识到疾病是由环境和生活条件引起的，而不是灵魂所致。古罗马的卢克莱修（Lucretius）明确提出生物是自然的产物，而非神造。

所以，从生命科学的重要成就来看，16世纪以前主要反映在医学（包括药理学）和农学方面，具有经验性和适用性特点，通常采用直观描述、分类、解剖等方法，使形态分类、解剖学知识得到迅速发展。

从5世纪到15世纪，处于封建制度统治下的欧洲，科学成了神学的奴婢，一切学术都不发达，是其科学文化的黑暗时代。

16世纪以后，随着欧洲文艺复兴运动和资本主义的迅速发展，真正的实验自然科学以崭新的风貌出现于世，生命科学也有了新的发展。例如，维萨里（Vesalius）用科学方法解剖人体，为解剖学奠定了基础；哈维（Harvey）发现了血液循环，并将力学和化学定量实验引入研究之中，奠定了生理学基础；胡克（R. Hooke）用自制显微镜观察并首次描述了细胞，打开了生物微观世界的大门；林耐（Linnaeus）建立了第一个科学的生物分类系统，创立了生物命名的双名制，从而确立了生物界的秩序，为分类学成为一门独立的学科奠定了基础；沃尔夫（Wolff）借助于实验技术研究了鸡胚发育，提出了胚胎的渐成论，建立了科学的胚胎学；拉马克（Lamarck）提出了物种进化的思想等。

总的来说，16~18世纪生命科学突出的成就是一些分支学科如解剖学、生理学、分类学、胚胎学等的先后建立和发展。其主要研究方法是解剖、观察和实验，以及比较、类比和归纳法；物理、数学和化学的理论和方法逐渐引进生物学领域，生命科学沿着实验科学发展的道路迅速发展。但在学术观点上，唯心主义仍占统治地位，尤其是“特创论”和“物种不变论”较流行。这些观点随着19世纪以后生命科学的发展才逐渐被摒弃。

19世纪是科学的世纪，生命科学也得到全面发展，其中最重大的进展是细胞学说、进化论和遗传学的建立。施莱登（Schleiden）和施旺（Schwann）创立细胞学说，指出细胞是一切生物体构造和功能的基本单位，在细胞水平上说明了生物基本结构的一致性。达尔文确立的生物进化学说，科学地论证了物种是变化的，生物是进化的，阐明了生物进化的机制，推翻了唯心主义形而上学的“特创论”、“物种不变论”等对生物学的长期统治。第一次把生物学放在完全的科学基础上，达尔文也因此成为科学上的巨人。孟德尔（Mendel）提出的遗传理论揭示了生物遗传的基本规律，并且充分地把数量统计方法运用到生物学中，推动了生物学朝着精密化方向发展。所以人们通常称以上三个理论为现代生命科学的三大基石。

20世纪，特别是50年代以后，随着现代物理、化学、数学、计算机新理论和方法的广泛深刻地渗入，带来了生命科学的巨大变革和发展，生命科学已从静态的、定性描述性学科向动

态的、精确定量学科转化 实验生物学走向了全面发展的新阶段。

1900 年孟德尔遗传学原理的重新发现和证实,揭开了现代遗传学的序幕。1926 年摩尔根(Morgan)基因论的提出,标志着现代遗传学的正式建立。摩尔根遗传学在胚胎学和进化论之间架起了桥梁,直接推动了细胞学的发展,促使生物学研究从细胞水平向分子水平过渡,并为生物学实现新的大综合奠定了基础。20 世纪下半叶 生物化学的发展 为分子生物学及分子遗传学的诞生打下了基础。1941 年比德尔(Beadle)和塔特姆(Tatum)提出“一个基因一个酶”的学说 把基因与蛋白质的功能结合起来。1944 年艾弗里(Avery)等用细菌作材料进行实验 以及 1952 年赫胥(Hershey)等进行的噬菌体感染实验 证明了 DNA 是遗传信息的载体。二战期间德尔布吕克(Delbruck)创建的噬菌体研究小组对大肠杆菌和噬菌体结构与增殖特性的定量研究,从学术思想及组织上为分子生物学的诞生作了极其重要的准备。1953 年沃森(Watson)和克里克(Crick)建立 DNA 双螺旋分子结构模型,奠定了分子生物学的基础 以此为突破口 开创了从分子水平上阐明生命活动本质的新纪元。此后 生命界中分子运动规律的核心 即“中心法则”的提出 生命界统一的遗传密码的破译等 从分子水平上证实了生命界统一的发展联系,于是生命科学进入了分子生物学新时代。

分子生物学作为当代生命科学的生长点 已渗入到生命科学各个分支领域 随之派生出一系列新兴学科 如分子细胞生物学、分子神经生物学、分子结构生物学、分子分类学、分子发育生物学、分子病毒学等等 把各个层次的生命活动有机联系起来 多学科综合地从本质上去探讨生命活动的规律,从而开辟了现代生命科学的全新局面。另一方面,1973 年重组 DNA 获得成功 开创了基因工程。80 年代以后,以基因工程为主体的生物技术作为高技术产业在世界范围内兴起,生物技术转化为强大生产力已展示出广阔的应用前景。1990 年开始的现代生命科学中最宏伟的研究项目“人类基因组计划”已于 2000 年 6 月胜利完成了工作草图的绘制 目前进展顺利令人振奋。在宏观生物学方面 现代生态学已发展成以人类为研究主体的、多层次的综合性学科 在解决影响人类发展的全球问题上 正发挥着越来越重要的作用。

总之 现代生命科学在 20 世纪已取得举世瞩目的巨大进展,现代生命科学已全面进入大科学发展阶段,并正以领先自然科学的态势,向着前所未有的深度和广度迅速地发展。

三、现代生命科学的发展趋势和发展热点展望

(一 现代生命科学的发展趋势及其特点

根据当代自然科学发展的大趋势和 20 世纪生命科学迅猛发展的背景 许多专家预测 21 世纪初现代生命科学发展的趋势是 对生命现象及其本质的研究不断深入和扩大 向微观和宏观 最基本和最复杂 脑、发育、生态系统 的两极发展。这种发展趋势的特点在于:

(1)由分析为主走向分析与综合的统一。一方面,将继续进行微观世界的探索,采用新实验技术去了解基因、分子、细胞的组成、结构、如何工作的 进行定量的观测与分析 另一方面 更重要的是要研究生物系统的各个部分 如基因或生物大分子 是如何相互作用 如何“自组织”形成复杂系统的。生命体无论在宏观还是微观层次上都有复杂系统的性质 只有用系统和综合的观点去分析生命系统,才能理解生命的非线性特征及其宏观和微观现象。综合建立在分析的基础上 分析正是为了更好的综合 二者是辩证的统一。

(2)生命世界多样性和生命本质一致性的统一。多少世纪以来,生物学研究主体一直是观察认识生命世界的多样性。从生命现象的表面观察日益深入到生命活动本质的阐明,是生命科学发展的必然趋势,也正是现代生命科学的特点,这一任务的完成将产生统一的生命观和统一的生物学。21 世纪将是在对生命活动本质统一认识下的真正的普通生物学 (general biology) 即 21 世纪将是统一生物学的世纪。

(3)多学科交叉与融合。不仅是现代生命科学各分支学科之间,而且是生命科学与数、理、化、计算机等学科之间的大综合、大交叉。通过多学科间的渗透和融合,将从不同层次而又有机结合地揭开生命之谜。

(4)基础研究与应用的统一。分子生物学兴起不到半个世纪里所取得的成果,已在工、农、医药等方面产生了巨大作用,但这仅仅是个开端。随着生物工程技术及其产业化发展,生命科学基础研究成果转化为生产力的应用前景将是不可想象的。

(二 现代生命科学发展热点展望)

关于 21 世纪初现代生命科学的发展热点,专家们预测可能有以下几个方面:

(1)生物大分子的结构与功能的研究。包括生物大分子结构分析、结构与功能的关系、生物大分子的相互作用,蛋白质三维结构的预测等。

(2)基因组与细胞的研究。包括细胞的基因组是如何在时间和空间上有序表达的;基因表达产物如何逐级装配成能行使生命活动的基本结构体系和各种细胞器的,及其装配过程的调控程序和机理。基因表达产物——活性因子与信号分子如何调节细胞最重要的生命活动的。

(3)基因组研究。包括人类和模式生物基因组全序测定,基因组结构与功能的比较研究。

(4)开展包括分子水平的,以实现遗传、发育和进化的统一为目标的综合理论研究。

(5)脑科学研究。包括从多级水平上研究脑神经网络的结构及其神经信息的处理机制,进而阐明脑工作原理以及神经系统的发育。

(6)行为科学。将进入探索人的智力、性格和行为模式的分子、遗传学机制、认知过程的心理机制以及行为量化研究阶段。

(7)生态学研究。以人类为研究主体,更加讲究生态、经济、社会和科技的综合效益。在微观和宏观相结合、理论和控制策略研究相结合的基础上,进行自然科学和社会科学相结合的综合性研究,进一步向着定量化、模型化、工程化和系统化的方向发展。

(8)人体功能(包括潜在功能)的研究。

根据现代生命科学的发展趋势和发展热点,本教材对其中一些研究领域的有关基础知识、研究进展和最新成果进行了概要的讲述。

第二节 现代生命科学与其他学科间的相互作用

半个世纪以来,生命科学之所以取得了辉煌的成就,与各学科间相互渗透、相互促进是密切相关的。在生命科学发展中,物理学、数学、化学、技术科学等不断地向生物学领域渗

透新理论、新概念与生物学问题有效的结合 促使新的交叉、边缘学科不断形成 新技术、新方法广泛的采用 大大提高了对生命物质分析的精确度和对复杂生命系统的综合能力 极大地促进了生命科学的发展。同时 生命科学也向其他学科渗透 生命科学的进步 向物理学、化学和数学提出了许多新问题、新概念和新的研究领域 大大丰富和发展了现有物理学、化学、数学的理论和方法 使这些学科得到进一步的发展。

21 世纪是学科大交叉的科学时代，现代生命科学正面临着理论上大综合大发展的时期 生命科学与其他学科之间必将有更深层次和更广泛的渗透融合 从而促使自然科学更迅速地向前发展。

一、物理学与现代生命科学

物理学是研究物质世界根本规律的科学，物理学理论、方法、技术是推动生命科学发展的强大动力。热力学、统计力学、耗散结构理论、信息论等物理学处理宏观体系的理论 使人们可以从系统的宏观角度研究生命体系的物质、能量和信息转换的关系；分子和原子物理、量子力学、粒子物理等物理学的微观理论，使人们可以从微观角度研究生物大分子和分子聚集体 膜、细胞、组织等 的结构 运动与动能、非线性理论、混沌理论可以为脑科学的研究提供理论指导。物理学的许多技术方法如 X射线衍射、核磁共振、电子显微镜、扫描隧道显微镜、正电子发射断层等技术已成为生命科学研究中的重要技术手段。

生命系统是复杂的、多层次系统 在许多方面超出了传统物理学的范围和观念 所以 生命科学发展又将会给物理学提出许多挑战性的问题。生命系统中非线性问题已成为物理学家和生物学家共同关心的活跃领域 生命起源、生物进化的动因、自我复制的物理机制、揭开大脑的奥秘、发展人工智能研究，需要理论物理方面的突破；生物大分子结构及其相互作用、生物大分子的自组织，生命系统中熵和熵等问题都需要借助物理学的研究加以阐明；基因工程技术、大分子设计等研究需要微电子学、纳米电子学、纳米生物学有很大的发展 而在这些研究中，又要求物理学改进和完善已有的研究方法和发展新研究方法。总之，生命科学的发展又促使物理学不断开拓新的研究领域，再创辉煌。

二、数学与现代生命科学

数学是研究现实世界中空间形式和数量关系的科学。在近代生命科学发展中，数学作为方法、工具和数学模型 在遗传学和生态学研究 中曾发挥过重大作用 如一流数学家皮尔逊(Pearson)20 世纪初创立的生物统计学应用到遗传学研究中；生态学家哈奇逊(Hutchinson)等利用分维几何的理论建立了估计物种数量和物种个体数目的新模式。在未来生命科学研究中 随着计算机的应用和发展 数学的这些传统功能还会继续扩大和深化。同时现代生命科学的发展又给数学提供了难得的启示和机遇。对生命系统 脑、发育、生态系统 中非线性问题的研究 需要分维几何、混沌和分叉理论等新兴数学 以及群和代数理论、代数几何、微分几何、拓扑学、泛函分析等基础数学参与这一领域。如何准确地描述生命系统在不同层次上呈现无序和有序相互转化的机制是对数学的一个挑战。如何破译人类基因组的“遗传语言”如何简明地描述记载在基因组 DNA 上的一维信息控制生物体三维形态结构的发育过程等问题 是对数学的又一个挑战。数学在迎接这些挑战中 必将进一步丰富其研究内容

并产生许多新的分支和交叉领域 与生命科学同步发展。

三、化学与现代生命科学

化学是研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的科学。在化学和生命科学的发展过程中，二者结下了不解之缘。化学向生物学渗透产生了生物化学和分子生物学，分子生物学仍将是化学与生物学相互渗透、结合的主要领域。化学所提供的理论和方法，在生命科学众多领域中发挥了重要的作用。然而，随着对生命现象研究的深入，现有的化学理论和方法已不够用了。对生命过程中化学问题的研究正在成为化学发展的主要方向之一，将引起化学的重大变革。

生物系统中组织化的定向化学反应，生命世界中的合成路线是化学学习的宝库。生物的物质和能量转换、生物膜与物质定向转运、酶的定向设计和功能模拟、生命过程中的定向化学反应等问题都是对化学提出的挑战。生物大分子及大分子复合物的组装和功能的问题，是化学家面临的一个广阔的研究领域。多糖结构和功能的研究将促进结构分析和合成方法上的突破。利用生物学原理，化学仿生生产人类所需要的一系列化学制品则可能促使化学生物工程的出现。化学和生命科学的进一步渗透、融合，必将带来若干重大的突破。

四、技术科学与现代生命科学

生命科学与技术科学的关系日趋密切。一方面，随着对生命现象研究的深入，理论和技术储备的增加，生物内部出现生物工程等新技术，生物工程形成新的生产力，又将促使工、农、医药业发生根本性变革。另一方面，对生物功能的研究又必将为信息科学、材料科学和计算机科学提供新的概念、原理和模型，从而促进其发展。

神经科学中，对脑和感官的信息加工处理机能（学习、记忆、认知、创造和思维、运动控制和感觉）研究的突破将导致计算机、人工智能和智能机器人等高新技术领域的革命性变化。对生物的物质和能量转换功能研究的进展将提供新光电转换、导电材料和系统、新型传感器及高密度、高度有序的分子聚集体功能材料的原理和模型。

生命科学与技术科学的相互渗透还促进了智能科学、人机功能学、信息仿生学、生物分子电子学等新的交叉学科的不断产生，这些新兴领域的发展又将推进智能产业的形成和发展。

生命科学与技术科学的结合还有助于利用高级生物功能原理改造原有工业技术，创造节能、节约资源、高效无污染的工业技术新模式，以解决 21 世纪面临的能源、资源和环境等危机。

五、地球科学与现代生命科学

地球是生物和人类的生存条件。要保护和改善人类的生存条件，就要进行人-地系统综合研究，包括资源、环境和人类活动的相互作用，这就需要地球科学和生态学等学科的密切结合，由于该研究涉及社会、经济发展中的重大问题，所以还与社会科学有密切联系。

六、人类基因组计划和后基因组时代研究中的数理问题

“人类基因组计划”的实施吸引了全世界数学、物理、化学、计算机、材料等学科的精英，如何找到记载在基因组 DNA 一维结构上控制生物体四维（三维空间和一维时间）的调控信息的编码方式和调节规律是人类基因组研究对数学（系统理论、大组合复杂性、拓扑学等）和非线性物理学提出的首要科学问题。生物信息学（bioinformatics）已成为基因组学研究中的基本手段，它是用数理和信息科学的观点、理论和方法研究生命现象，组织和分析呈指数增长的生物学数据的一门交叉学科，它荟萃了数学、统计学、计算机科学和分子生物学的科学家，其研究以计算机为主要工具，需要开发新的算法和软件系统，对日益增长的 DNA 和蛋白质的序列和结构进行收集、整理、贮存、发布、提取、加工、分析和发现，为识别和克隆人类新基因及预测其功能作出贡献。将成为人类基因组计划、特别是后基因组研究热点的 DNA 芯片技术是一个交叉性极强的技术，它涉及物理学、微电子信息、生化技术等众多领域，其关键技术包括微电子蚀刻技术、微液分配技术、DNA 固定及在位合成技术、高灵敏探测技术、快速数据获取及存储、处理技术等。

人类基因组计划完成后，分子生物学的重点将从基因组转到蛋白质组。在后基因组时代，结构生物学将十分重要，它是当代生命科学前沿发展领域之一。而结构生物学研究要涉及生物物理学、生物化学、晶体学、波谱学、光谱学等学科，需要发展 X 射线晶体衍射技术、多维核磁共振波谱技术、电子衍射技术、中子衍射技术、顺磁共振技术、各种光谱技术、同步辐射技术等。

在后基因组时代的研究重点中：蛋白质三维结构的研究需要计算机技术、同步辐射技术、低温技术及高灵敏推测器技术，尤其是基因测序、分子克隆和生物技术的迅速发展，在蛋白质结构的预测研究上，计算机技术及其模拟研究的应用将会大有作为。基于生物大分子结构知识的新药物设计则涉及计算机科学、计算数学、理论物理、理论化学、计算化学、有机化学、药学、药理学、生物物理学、生物化学、分子生物学等学科，需要发展的技术包括计算机模拟技术、数据库技术、组合化学技术、分子生物学技术和细胞生物学技术等。

生命科学是研究生命的科学，21 世纪是揭开生命之谜的科学世纪，生命科学与其他学科深入而广泛的渗透融合，使生命科学奠定了迅猛发展的坚实基础；生命科学的蓬勃发展，又促使其他学科不断开拓新的研究领域而再现辉煌。所以 21 世纪的现代生命科学有望成为引导自然科学向物质运动的最高层次突破的带头学科。

第三节 现代生命科学与人类进步

现代生命科学在 20 世纪取得辉煌成就的基础上，现已聚集起更大的力量跨入了 21 世纪。人们之所以认为 21 世纪是生命科学的世纪，除了生命科学的迅猛发展越来越显示出其在自然科学中的领先态势外，还由于现代生命科学在人类未来的发展进步中将起到越来越重要的作用。

一、现代生命科学与整个自然科学的发展

现代自然科学主要划分为物理科学和生命科学两大门类。正如本章第二节所述，20 世纪物理科学的发展及其向生命科学的渗透，有力地推动了生命科学的迅速发展，而现代生命科学的进步又促进了物理科学的发展。在这相互渗透，相互促进中，由于生命科学所担负的科学使命和自然科学的发展规律，现代生命科学必然地成为了 21 世纪自然科学的带头学科，并且现代生命科学的发展不仅将推动整个自然科学的发展，而且在实现物理科学和生命科学的统一，自然科学和人文科学统一的历史使命中，将起到十分重要的作用。

二、现代生命科学与全球经济持续发展

地球是人类赖以生存和发展的基础。科学的发展、工业化的发展促进了世界社会和经济的发展。然而，人类的生产活动，尤其是 20 世纪 60 年代以来进行了空前规模的全球资源开发，加上工业废弃物的任意排放和人口的急剧增长，使人类又深深地陷入了历史上前所未有的全球资源生态环境问题的困境之中。资源和生态环境是影响经济建设和社会发展的的重要因素。目前，资源枯竭和生态环境恶化已成了制约社会经济发展的不利因素。因此，解决全球资源生态环境问题已成了当务之急。而要使人类走出当前全球问题的困境，实现经济的持续发展，除了需要一定的政策、法律、法规条例约束外，还必须遵循生态学规律，合理开发利用资源，按生态学原理，采用多学科、多技术的综合治理措施。在这里，现代生态学将起到不可替代的重要作用（第六章）。同时，利用微生物发酵生产液体和气体燃料，处理废弃物、城市垃圾和污水，人工模拟光合作用机制以获得取之不尽的干净能源，是缓解能源危机，减少环境污染的重要途径。持续开展“绿色革命”，采用生物工程技术人工改造物种，创造优质高产和抗逆的动、植物新品种，实现生物资源的增長是解决粮食危机，缓解人口增长压力的有效途径（第七章）。可见，在解决全球资源生态环境问题，实现经济持续发展中，现代生命科学有着极为重要的作用。

三、现代生命科学与人类健康

生命科学的理论是医学的基础，生命科学的每一项新理论新成果都会使诊断、治疗和保健的面貌焕然一新。磺胺药时代、抗生素时代、甾类激素和安定药时代、免疫调节剂和酶抑制剂时代，人们已深深感受到生命科学研究与人体健康的密切关系。而今，基因工程药物、内源性多肽和根据各种生物学原理设计的新型药物，将会使医疗保健水平提高若干个等级。基因治疗、克隆人体器官、完成人类基因组计划、进行后基因组研究等等，将会给癌症、心脑血管病、艾滋病和遗传病的防治、延年益寿、控制人口带来希望，为人类带来福音。

总之，现代生命科学研究与人类进步息息相关，现代生命科学的发展将会促进 21 世纪人类科技、经济和社会的全面发展和进步。

第二章

生物学基础

第一节 生命的多样性

地球上生命自诞生以来 经历了 38 亿年的进化发展，形成了当今纷繁多彩的生命世界。在不停息的演进历程中，形形色色的生命逐渐覆盖了整个地球表面，形成了充满生机的生物圈。太阳系中，地球的独特性就在于它具有富于生命多样性的生物圈。

生命多样性也称生物多样性 (biodiversity) 通常包含遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性 (第六章)。

生物多样性是人类赖以生存的条件，是维持全球生态平衡，促进社会经济持续稳定发展的基础。生物多样性中最引人注目的是物种多样性，本节主要介绍物种多样性。

一、物种的概念和生物的分类

(一) 物种的概念

物种 (简称种 species)，是物种多样性研究的基础与前提。关于物种的概念，一直是一个非常活跃的科学论题，研究者所提出的物种概念至少有 22 种。根据生物的综合性状 就物种的生物学本质而言 可以认为物种是生物多样性描述与分类的基本单位 是具有一定形态、生理和生态特征 占有相应的自然地理分布区域 以一定的生活方式进行繁衍并相互交流基因的自然生物类群。这样的类群与其他类群在生殖上相互隔离。物种是客观存在的，是生物进化的基本单元 新物种的产生是生物进化中的一种质的飞跃 地球上物种多样性的构成 是在地球演化背景下长期的物种形成、进化发展和自然选择的结果。

目前已记载的物种约 200 万种 但综合各方面的资料 估计地球上的物种有 500~5 000 万种。为了认识和鉴定这些物种 充分利用和研究如此浩瀚的生命世界 就必须对生物进行分类。

(二) 生物的分类

1. 分类依据

早期，人们以生物的经济用途或表面上明显的少数特征为标准进行人为的分类。自达尔文进化论确立后，人们认识到应按照物种间的亲缘关系和进化水平来分类。随着人们对生命世界的认识从宏观到微观不断深入，在实际操作中，研究者们综合比较解剖学、比较胚胎学、古生物学、遗传学、免疫学、生物化学、分子生物学和生物数学的研究成果，依据生物形态结构、生理生化、染色体形态数目、抗原抗体反应（血清反应）、生物大分子结构与功能的差异等进行分类，力求反映物种在进化上的亲缘关系接近于自然状态。

2. 分类等级

根据生物之间相同、相异的程度及亲缘关系的远近，分类学家将生物划分为 7 个最基本的等级（阶元），其自高而低的顺序为：界（kingdom）、门（phylum）、纲（class）、目（order）、科（family）、属（genus）和种（species）。必要时，还可在某一等级之前增加一个“超级”或在其之后增加一个“亚级”。每一个物种在分类系统中都应有其确定的分类地位，反映该物种与其他物种的亲缘关系。

例如 人 (*Homo sapiens* L.) 动物界 (Animalia)

脊索动物门 (Chordata)

脊椎动物亚门 (Vertebrata)

哺乳纲 (Mammalia)

真兽亚纲 (Eutheria)

灵长目 (Primates)

类人猿亚目 (Anthropoidea)

人科 (Hominidae)

人属 (*Homo*)

人种 (*sapiens*)

3. 生物的分界

关于生物的分界，随着研究技术的改进和认识的不断深入，人们曾先后提出过多个分类系统。最早将生物划分为动物和植物两界，此后又提出三界、四界系统。在采用电镜技术揭示了原核细胞与真核细胞的结构差异后，1969 年魏泰克 (Whittaker) 在前人基础上提出了五界系统：首先依细胞结构将原核生物 (prokaryote) 划分为原核生物界 (Monera)，真核生物 (eukaryote) 中的单细胞和群体单细胞生物划为原生生物界 (Protista)；再根据营养方式不同，将多细胞真核生物划分为植物界 (Plantae)、真菌界 (Fungi) 和动物界 (Animalia)。该系统基本反映了地球生物的进化历程，是目前应用较广泛的分类系统。但其中的原生生物界并非一个自然类群，常常又将其中的似植物者或似动物者分别划归植物界和动物界进行描述。鉴于病毒 (virus) 的特殊性，我国学者陈世骧建议在魏泰克五界系统基础上，将病毒独立为病毒界。

分子生物学技术的应用使人们发现，根据分子水平上的差异可将原核生物分成真细菌 (eubacteria) 和古细菌 (archaeobacteria) 两类。据此，1977 年伍斯 (Woese) 认为可将生物分为真核生物、真细菌和古细菌 3 大类群。进而于 1990 年提出三域学说：所有生物可分为真核生物域 (Eucarya)、真细菌域 (Bacteria) 和古细菌域 (Archaea) (图 2-1) 域 (domain) 被定义为高于界的分类单位。这是一种新的分界思想，随着研究的深入，它正面临着新的挑战。

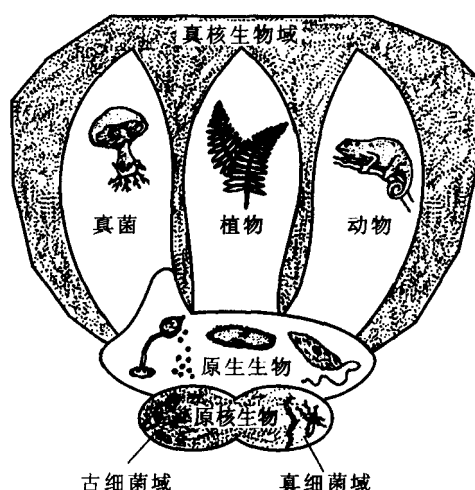


图 2-1 各界生物的进化关系

二、非细胞型生命形态——病毒

病毒是体形极微小、结构极简单、繁殖方式特殊的严格细胞内寄生生物，是一类不同于其他生物的独特生命形态。在宿主细胞外，病毒以形态成熟、具有感染性的病毒颗粒（即毒粒，virion）形态存在，并如同化学大分子一样可以结晶纯化而不表现任何生命特征；在宿主细胞内，病毒则以繁殖性基因组形式存在，表现出遗传、变异等一系列生命特征。

（一）病毒的形态结构和化学组成

不同病毒的毒粒大小悬殊，绝大多数直径在 $10 \sim 300 \text{ nm}$ 之间，一般需用电子显微镜观察。其形状大多呈近球形的多面体，亦有杆状和砖形，侵染细菌的病毒即噬菌体（phage）多为蝌蚪形。

毒粒的基本化学组成是核酸和蛋白质，结构复杂的病毒还含有脂类和糖类。一种病毒只含一种核酸：DNA 或 RNA（基因组），单链或双链分子，线性或环状形式。大小不同病毒的基因组含有几个到几百个基因。根据所含核酸的不同，可将病毒分为 DNA 病毒和 RNA 病毒。

病毒不具细胞结构，其基本结构是由蛋白质衣壳（capsid）和位于毒粒中心的核酸构成的核壳（nucleocapsid）结构。衣壳由许多被称为壳粒（capsome）的衣壳蛋白质亚基按一定的规律排列构成，而使各种病毒具有不同的形状。简单的病毒如烟草花叶病毒（tobacco mosaic virus, TMV）仅具核壳结构。复杂的病毒如引起艾滋病的人免疫缺陷病毒（human immunodeficiency virus, HIV），在核壳外还包着一层由脂类、蛋白质和糖类组成的包膜（envelope）。有些病毒，尤其是有包膜病毒的毒粒表面还有突出物（图 2-2）。

（二）病毒的复制

病毒是严格的细胞内寄生物。它们没有完整的酶系统和合成代谢系统，不能以分裂方

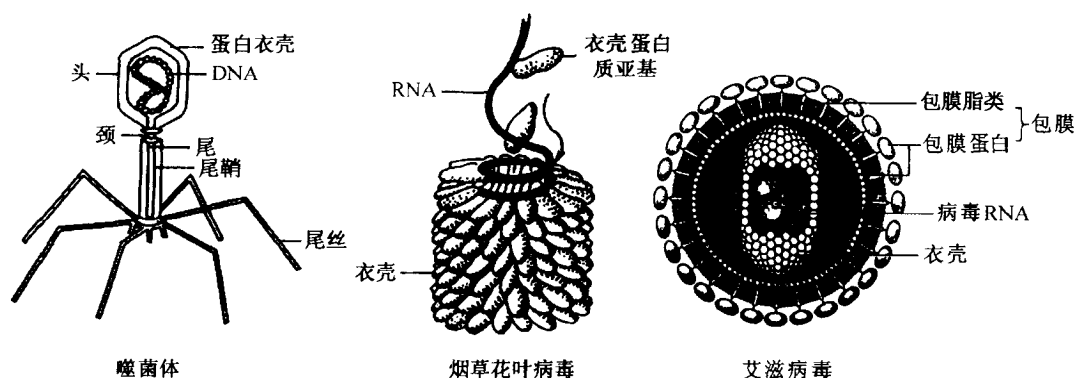


图 2-2 病毒的形态结构

式进行繁殖，而是以复制的方式在宿主活细胞内增殖。即当病毒感染敏感宿主细胞时，病毒（如噬菌体）核酸进入细胞或整个毒粒进入细胞后经脱壳释放病毒基因组，降解宿主 DNA，并利用宿主的大分子合成系统，进行病毒基因组的复制和表达，产生子代病毒基因组和蛋白质，进而装配成新的毒粒，并以一定方式释放到细胞外。但病毒对敏感细胞的感染并不都导致病毒增殖产生子代毒粒。如某些温和噬菌体和肿瘤病毒能引起整合感染，在整合感染的细胞内，病毒基因组整合到宿主基因组中，与宿主基因组同步复制，并随细胞分裂传至子代细胞，只有在一定条件下，整合在宿主基因组中的病毒基因组才可脱离宿主 DNA 转入复制，产生新的毒粒 图 2-3)。

(三) 病毒与人类

自然界病毒种类很多 已报道的就有 4 000 种以上。病毒的宿主特异性极强 每一种病毒只能感染一定种类的生物。依宿主范围的不同 可将病毒分为动物病毒、植物病毒和噬菌体等几类。病毒感染宿主后，往往导致宿主发生病变。人类约 80% 的传染病 如乙肝、流感、狂犬病等 以及 15% 的肿瘤是由病毒感染引起的 动物中的猪瘟、牛瘟、口蹄疫等均为病毒病 而使昆虫致死的病毒约 1 700 种 植物中已知 1 000 余种疾病由病毒引起 发酵工业也常遭噬菌体的危害 给国民经济带来损失。另一方面 随着对病毒研究的深入 人们又利用病毒制备疫苗或抗血清来预防、治疗病毒病。在分子生物学研究中，由于病毒结构极其简单、基因组小而成为很好的研究材料。DNA 的双螺旋结构及碱基配对学说就是建立在病毒研究基础上的 最早进行生物的基因组结构分析也是从病毒开始的 目前对病毒基因组的研究已进入后基因组阶段。在基因工程研究中，一些噬菌体、真核生物病毒常被用作基因载体。

(四) 亚病毒

自 1971 年以来，在病毒学研究中又陆续发现一些比病毒更小、结构更简单的感染性因子，并于 1983 年将它们归类为亚病毒 (subvirus)，包括类病毒 (viroid)、卫星病毒 (satellite virus)、卫星 RNA (satellite RNA) 和朊病毒 (prion)。

类病毒是一类无蛋白质外壳 仅由含 246~375 个核苷酸的单链环状 RNA 分子组成的，

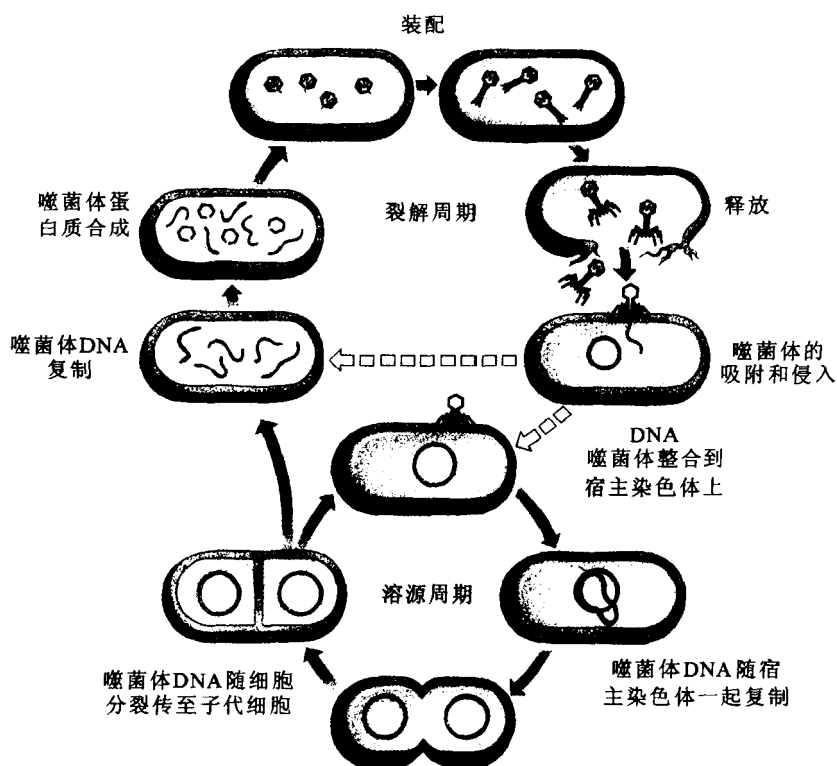


图 2-3 噬菌体的复制周期

专性寄生于高等生物细胞中的病原因子。它们能大面积地使马铃薯、柑橘、椰子树、番茄等多种植物患病 造成很大经济损失。

朊病毒是一类蛋白质病原因子，能侵染人和脊椎动物，引起致死性中枢神经系统疾病，如人的库鲁病、克雅氏病、羊的瘙痒症、牛海绵状脑病、疯牛病 等。关于朊病毒是否含有少量核酸 没有核酸又是如何增殖的 以及其传播方式和致病机理等问题有待进一步研究。

深入研究病毒和亚病毒 不仅有助于一些疑难病因的揭示和疾病的诊治 而且对阐明生命的起源与进化、生命的本质等有很重要的意义。

三、原核生物——真细菌和古细菌

原核生物是由原核细胞构成的单细胞生物 它们自 35 亿年前在地球上出现以来 迄今在生物圈内分布最广，个体数量最多。其原核细胞最基本的特征是：①没有核膜 其拟核 (nucleoid) 或核基因组主要由一个裸露的环状 DNA 分子 (也称染色体) 构成 遗传信息量小；

细胞小 直径为 $0.2 \sim 10 \mu\text{m}$ 有细胞壁 胞壁成分多为肽聚糖 ③细胞内没有以膜为基础的细胞器。古细菌和真细菌在系统发育上是 2 个不同的生物类群，但它们的细胞结构基本一致 同属原核生物。

(一) 真细菌

细菌、蓝细菌、放线菌、支原体、立克次氏体和衣原体等都属于真细菌 其中细菌常被作为原核生物的主要代表。

1. 细菌 (Bacteria)

显微镜下不同种类的细菌形态不一，其基本形态有球状、杆状和螺旋状。一般球菌直径为 $0.5\sim 2\ \mu\text{m}$ 杆菌长 $0.5\sim 6\ \mu\text{m}$ 宽 $0.3\sim 1.2\ \mu\text{m}$ 。许多细菌也常成对、成链、成簇地生长。细菌细胞具有原核细胞基本构造(图 2-4)。很多细菌核基因组(或细菌染色体)外还存在能自主复制的小段环状 DNA 分子，称为质粒。质粒所含基因一般非宿主细胞生存所必需，只是在某些特殊条件下 赋予宿主细胞某些特殊机能 如抗药性、降解性、致病性等。在基因工程中，质粒常能用作基因载体。

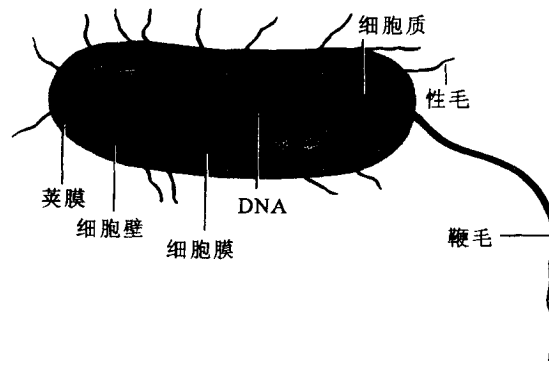


图 2-4 细菌的结构

除上述一般构造外 在一定环境条件下 某些细菌还会产生一些特殊构造 如某些细菌细胞表面有一厚层胶状的荚膜 (capsule)。荚膜具有保护菌体、贮存营养、堆积代谢废物、表面附着和细胞间识别等功能。大多数能运动的细菌体表长有具运动功能的鞭毛 (flagellum)，但不同种细菌鞭毛数目和着生方式不同。有的细菌体表长有纤细、数量较多的菌毛 (pili) 有助于菌体附着于物体表面。还有一些细菌的雄性菌株生有 1 至少数几根比菌毛长的性毛 (pilus)，可籍性毛向雌性菌株传递遗传物质。有些细菌在生长发育后期，在细胞内形成一个圆形或椭圆形结构，称为芽孢 (endospore)。芽孢有极强的抗热、抗辐射、抗化学药物和抗静水压的能力，是一种抗逆性休眠体，可存活几年到几十年。

大多数细菌异养 少数自养 营养方式多样。根据碳源、能源及电子供体性质的不同 细菌的营养类型可分为光能无机自养型、光能有机异养型、化能无机自养型及化能有机异养型 4 种类型。化能有机异养型又可分为腐生型、寄生型、兼性腐生型和兼性寄生型等类型。

细菌生命活动所需能量通过各种营养物质的氧化即呼吸过程而获得。根据呼吸过程中不同细菌与分子氧关系的不同 细菌又分好氧菌 (如根瘤菌) 厌氧菌 (如破伤风杆菌) 兼性厌氧菌 (如大肠杆菌) 和微好氧菌等类型。

细菌以无性二分裂法繁殖 环境适宜时 $20\sim 30\ \text{min}$ 繁殖一代 如大肠杆菌。

自然界细菌有 1 万余种,它们数量大、适应性强,广泛分布于冰山旷野、江河湖海,上至数万米高空,下至 5 m 深的土壤,以及动、植物和人体内外。部分细菌是致病菌,能引起人类及动、植物的许多传染病,但大多数细菌对人类有利。土壤中的自生固氮菌、根瘤菌将空气中的游离氮转化为含氮化合物供植物营养;化能异养菌将许多含微量元素的不溶性有机物转化为植物可吸收的形式。腐生细菌作为生态系统中的还原者,将动、植物的残体分解成简单的无机物,推动和维持了自然界的物质循环。在生物技术产业化进程中,细菌已为人类带来了巨大的经济效益和社会效益(第七章)。随着科学的发展,细菌还将展示出更广阔的应用前景。

2. 真细菌的一些重要类群

(1) 蓝细菌 (Cyanobacteria) 是一类能行放氧光合作用的原核生物,由此也常被植物学家作为原核藻类植物进行描述,并称之为蓝藻。蓝细菌细胞内细胞膜重复折叠形成的类囊体膜上含有光合色素,是进行光合作用的场所。细胞壁成分除肽聚糖外,还含有纤维素。细胞壁外有胶质层或称鞘。蓝细菌以单细胞体或群体状态存在,群体细胞共同包埋在胶质鞘内。某些蓝细菌的丝状群体中还有异形胞 (heterocyst) 和厚壁孢子 (akinet) 等特化细胞。异形胞有固氮作用,厚壁孢子可抵御不良环境,长期休眠。

蓝细菌有 29 个属。它们营养要求很低,在自然界分布极广,从热带到两极、江河湖海,85% 的温泉,以及冰雪高山上都存在。蓝细菌是地质史上最早的放氧生物,在地球生命进化历程中起到里程碑的作用。固氮蓝细菌作为农田肥料,在农业生产上有重要价值。但某些情况下蓝细菌的大量繁殖形成“水华”,会影响鱼类等水生生物的生存。

(2) 放线菌 (Actinomycetes) 是细胞呈分枝状菌丝、主要以孢子繁殖的化能异养原核生物。其种类很多,大多数生活在含水量较低、有机质丰富、微碱性土壤中,少数水生。放线菌与人类关系中最引人注目的是它们能产生抗生素。目前常用抗生素中,绝大部分是利用放线菌发酵生产的。此外,放线菌还被用于生产许多维生素、酶类。在自然界物质循环中,腐生放线菌协同细菌和真菌起着还原者的作用。极少数寄生放线菌能引起人和动、植物疾病。

(3) 支原体 (Mycoplasma)、立克次氏体 (Rickettsia) 和衣原体 (Chlamydia) 是细胞大小和特性均介于细菌和病毒之间的 3 类原核生物。

支原体不具细胞壁,能通过细菌滤器,是目前已知最小的、能独立生活的原核生物。除肺炎支原体外,一般不使人致病,但较多的支原体能引起畜、禽和作物的病害。

立克次氏体是一类严格的活细胞内寄生的原核生物,大多是人兽共患的病原体,主要以节肢动物 (虱、蜱、螨) 为媒介,引起人类疾病如流行性斑疹伤寒、恙虫病、Q 热等。

衣原体是介于立克次氏体和病毒之间、能通过细菌滤器、专性活细胞内寄生的原核生物,广泛寄生于人、哺乳动物和鸟类,仅少数致病,如人的砂眼衣原体。有的衣原体是人、动物共患的病原体。

(二) 古细菌

古细菌也称古生菌或古菌,常被发现生活于各种极端自然环境中,人们认为,古细菌代表着地球上生命的极限,确立了生物圈的范围。

1. 古细菌的特征

采用细胞化学组分分析、比较生物化学和分子生物学的方法研究揭示古细菌: ①细胞壁

不含肽聚糖 ;②细胞膜由独特的脂质构成 , 这些脂质在物理特征、化学组成和链等方面与其他生物大不相同 ;③具有既不同于真细菌 , 也不同于真核生物的 16Sr RNA 序列特征 ;④对抗生素的敏感性与真核生物相同 , 而与真细菌不同。

2. 古细菌的主要类群

(1)产甲烷古细菌 是专性厌氧菌 生活于沼泽、污水、水稻田、反刍动物的反刍胃等富含有机质且严格无氧的环境中。有 18 个属 自养或异养 能利用 H_2 还原 CO_2 产生甲烷 (CH_4)。这类菌已用于污水处理和沤肥 , 在将有机物转化为气体燃料甲烷的过程中起重要作用。

(2)极端嗜盐古细菌 生活于盐湖、盐田、死海及盐腌制品表面 能够在盐饱和环境中生长 当盐浓度低于 10% 时不能生长。是严格好氧的化能异养菌 , 有 8 个属。在厌氧光照条件下 , 有些菌株产生一种菌视紫素嵌入细胞质膜中 , 成为紫膜 , 使菌体呈现红紫色。紫膜能进行光合作用 , 将太阳能转换为电能。利用紫膜的能量转换机制 , 有可能使紫膜成为功能材料用于电子器件 , 作为生物计算机的光开关、存储器等组装元件。

(3)超嗜热古细菌 通常生存于含硫的热泉、泥潭、海底热溢口等处。目前已分离到的超嗜热古细菌最适生长温度 $70\sim 105^{\circ}C$ 。有 18 个属 绝大多数专性厌氧 行化能有机营养或化能无机营养 , 能代谢硫。这类菌的耐高温酶类有很大的应用前景 , 如 PCR 技术 (DNA 分子的体外扩增技术) 中所使用的 Taq 酶就是从水生栖热菌 (*T. aquaticus*) 中分离到的 , Taq DNA 聚合酶的应用 明显提高了 PCR 的各项性能才使这一技术得到迅速发展和广泛的应用。

(4)热原体 是一类无细胞壁、嗜热、嗜酸、行好氧化能有机营养的古细菌。目前已知只有三个种。热原体的基因组极小 , 与其他原核生物不同的是 , 其 DNA 周围裹有结合蛋白 , 经氨基酸测序比较 , 其蛋白组分与真核细胞核小体中的组蛋白有一定的同源性。

由于古细菌所栖息的环境与地球生命起源初期的环境有许多相似之处 , 以及古细菌中蕴藏着远多于真细菌和真核生物的、未知的生物学过程和功能 , 所以深入研究古细菌 , 不仅有助于阐明生命进化规律的线索 , 而且有不可估量的生物技术开发前景。

四、渗透营养型的真核生物——真菌

真核生物是由真核细胞构成的有机体。真核细胞大约在 12~16 亿年前才在地球上出现 它们由原核细胞进化而来。与原核细胞比较 真核细胞的结构特点是 :①有由核膜包围的完整细胞核 核内有 2 条以上染色体 染色体由线状 DNA 与蛋白质构成 ;②细胞质内有以膜为基础的各种功能专一的细胞器 有骨架系统 细胞体积较大 直径一般 $10\sim 100\mu m$ 。真核生物种类繁多 真菌是通过体表渗透吸收周围呈溶解状态的物质 即行渗透营养的专性异养真核生物。

(一) 真菌的一般特征

除少数单细胞真菌外 , 绝大多数真菌是由分枝或不分枝的菌丝构成的多细胞菌丝体。菌丝管状有隔或无隔 , 一般有细胞壁 胞壁成分以几丁质 高等陆生真菌 或纤维素 低等真菌 为主 酵母菌以葡聚糖为主。真菌的异养方式为腐生、寄生、兼性寄生或共生。由菌丝或假根 , 或菌丝上分出的吸器 (haustorium) 深入基质或宿主细胞内 , 借助于高渗透压吸收水分和养料。

（二 常见真菌及其与人类的关系

真菌繁殖能力强，繁殖方式多而复杂，主要以无性或有性生殖产生各种类型的孢子（spore）作为繁殖体。高等真菌可形成一定形态的繁殖器官如子实体（fruiting body）。

真菌种类繁多，已记载的约有 12 万种 在自然界分布极广，大多数真菌主要生活在土壤或死亡的动植物残体上 而大量的真菌孢子则飘游四方 甚至几万米的高空中。除腐生真菌在自然界物质循环中起到重要作用外，许多真菌与人类的关系极为密切。常见真菌有酵母菌、各种霉菌和蕈菌（图 2-5）等。

1 酵母菌

为单细胞真菌，是食品工业和发酵工业的重要菌种（第七章）。只有少数酵母菌可致人和动物疾病，如白色微丝酵母可引起人类阴道感染、鹅口疮和肺部感染。

2 霉菌

是一些丝状真菌的统称。根霉、毛霉、曲霉、青霉、脉孢菌、赤霉菌等均为常见霉菌。霉菌同样是广泛用于现代发酵工业生产的重要菌种（第七章）。另一方面，霉菌极易引起食物、衣物、器材、工业原料霉变，造成较大的经济损失。植物的很多疾病、人类皮肤癣病等都由霉菌引起。霉菌还能产生多种毒素威胁人畜健康，如花生上长的黄曲霉产生的毒素诱发肝癌。

3. 蕈菌

又称蘑菇，是大型真菌。属丝状真菌，具有各式各样的子实体。常见蕈菌有香菇、猴头菇、草菇、灵芝、银耳等。蕈菌的子实体营养丰富，味美可口，还可作为名贵中药材。蕈菌中的多糖类物质有抑癌作用。但毒蕈的毒素可置人于死地。

4. 地衣

是真菌某些种类和绿藻或蓝细菌中某些种类形成的共生体。其中，真菌依靠藻类的光合作用获得有机养料，藻类依靠真菌获得水分、无机盐、二氧化碳，两者互为依存。地衣耐寒、耐旱性极强，可在冻土带、高山带、南北极、峭壁、岩石、沙漠等其他植物不能生存的地方生长，形成土壤，为自然界的先驱拓荒者。

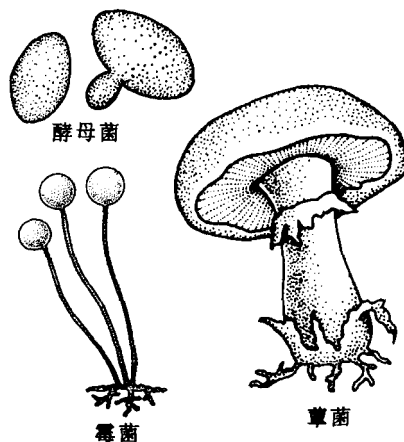


图 2-5 常见真菌

五、光合自养型真核生物——植物

植物是细胞具纤维素细胞壁，绝大多数含光合色素，能行光合自养生活的真核生物。作为生态系统的生产者，绿色植物通过光合作用，最大规模地合成了有机物，贮藏了能量，不仅直接或间接地为人类和其他生物提供了食物、能源，以及某些工业原料，而且推动了生物圈的物质循环，光合放氧维持空气中氧的含量，并在大气上层形成臭氧层，使需氧生物和其他所有生物得以在地球生存、繁衍。植物还具有净化环境、监测环境、水土保持和固沙等作用。

伴随着地球的演变史，植物经历了由单细胞到多细胞、由简单到复杂、由水生到陆生、由低等到高等的演进和适应辐射，形成了现今约 50 万余物种构成的五彩缤纷的植物世界。植