



1 生物化学与细胞

生物化学（biochemistry）即生命的化学，它是以化学的理论和作为主要手段，研究生物体的化学本质（组成、结构、功能）及生命活动过程中的化学变化规律，从而揭示生命的奥秘。其特点为在分子水平上研究生物体的化学本质、生命活动的化学变化规律。

生物化学的研究内容主要为用统一的术语解释生命的多种形式：在分子水平上描述所有生物体共同的结构、机制和化学过程，了解支配所有不同生命形式的基本原理——生命的分子逻辑。生物化学分为静态生物化学和动态生物化学。静态生物化学主要研究生物体内各种化合物的结构、化学性质和功能（主要有糖类、脂类、蛋白质、核酸、酶、维生素和激素）。动态生物化学则研究构成生物体的基本物质在生命活动中的化学变化，即新陈代谢及代谢过程中能量的转换和调节，也包括遗传信息的储存、传递和表达，DNA 的复制、转录，蛋白质的合成，基因的表达与调控等。

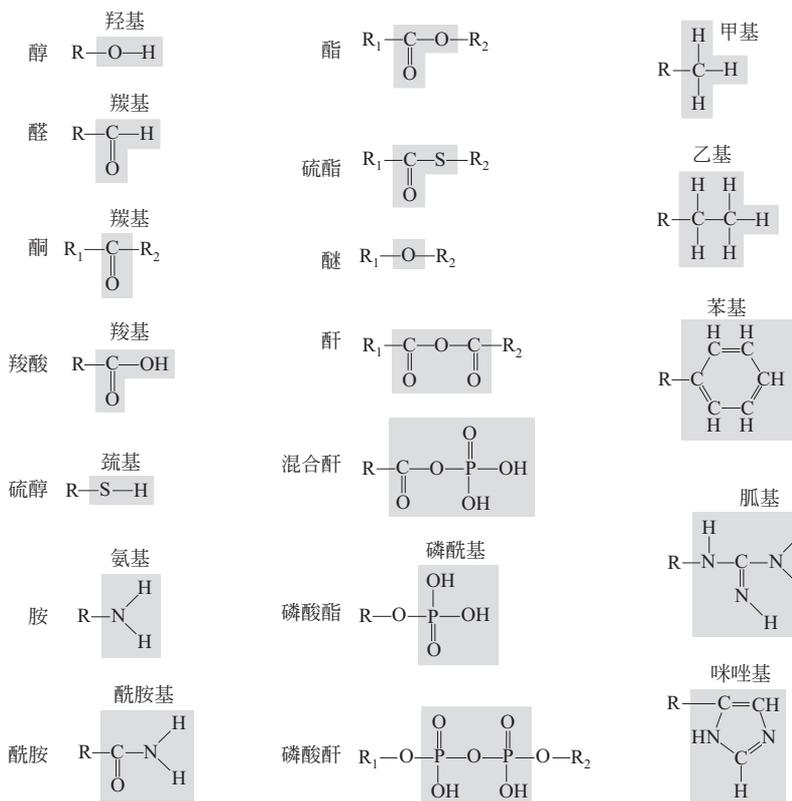
生物化学是生物学各分支学科的基础，是带头学科。生物化学在生产实践中具有广泛的应用，如：医学中的预防、治疗、诊断，工业中的制药、酿造、食品制造，农业中的育种、病虫害防治、生物农药设计等。

1.1 生物化学的化学基础

从某种意义上说，生物化学是生物聚合物的化学，这些聚合物都是由许多小分子彼此连接形成的。具有化学知识的读者可能对这些小分子比较熟悉，但要深入到生物化学中，就要非常熟悉分子量从几千到上百万的常见生物大分子，要了解它们的结构和功能。

生物分子可按它们的官能团进行分类，并用有机化学的方法加以描述。图 1.1 给出了生物化学中常见生物分子的一些官能团，熟悉它们的结构和反应特性对理解和掌握蛋白质、核酸等生物大分子的结构、特有功能以及特征反应大有益处。

图 1.2 给出了具体的三种生物分子含有的官能团，从图中可以看到一个分子有时含有多个官能团，这些官能团都有自己的化学性质，能进行特定的反应。生物体内的化学反应会涉及各种各样的化合物，生物分子是有机化合物，碳骨架连接上其它原子基团（官能团），官能团决定分子的化学性质。



阴影部分为官能团，所有官能团都以非离子（不带电荷）形式给出。其中 R_1 和 R_2 代表取代基

图 1.1 生物化学中常见的生物分子的官能团

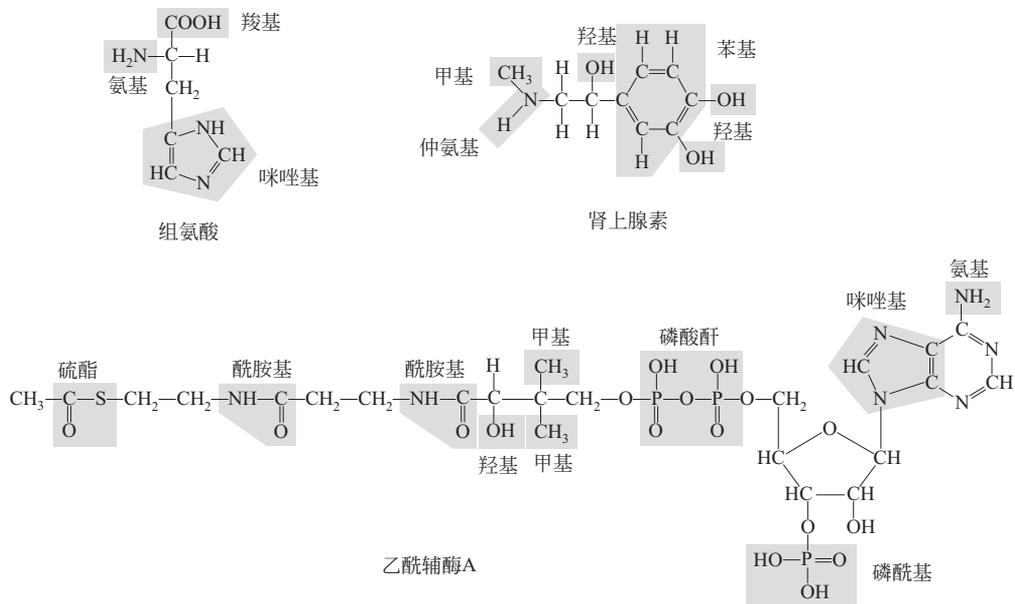


图 1.2 组氨酸、肾上腺素和乙酰辅酶 A 中的官能团

1.2 生物大分子

生物大分子主要包括蛋白质和核酸，还包括糖和脂类。其中核酸是遗传物质，蛋白质是生命活动的执行者。生物大分子是小分子形成的聚合物，其产生和降解是一个代谢过程，涉及很多生物化学反应。这些反应的目的是合成或者降解这些大分子，因此代谢也分为合成代谢和分解代谢。在生物体内可以看到这两个循环往复的过程。

许多重要的生物大分子都是由构件聚合形成的聚合物，例如，蛋白质的构件是氨基酸，核酸的构件是核苷酸，多糖的构件大多为葡萄糖等，这些构件又称为单体。由单体形成聚合物需要进行连续多步的缩合反应，整合进聚合物的单体常被称为残基。有的聚合物是由一种单体聚合形成的，如某些多糖就是由单一葡萄糖残基聚合的产物，而像蛋白质和核酸那样的生物大分子则是由不同种类残基按照特定顺序聚合的产物，残基的序列决定它的功能。

1.2.1 蛋白质

所有细胞中的蛋白质基本上都是由 20 种标准氨基酸组成的。所有氨基酸都至少含有两个功能基团——出现在 α 碳上的一个氨基和一个羧基。氨基酸之间的差别主要体现在侧链 (R) 上。氨基酸组成蛋白质，自然界中发现的各种各样的蛋白质，它们的氨基酸组成和排列顺序都不同。蛋白质的功能取决于它的三维结构，而三维结构又是由它的氨基酸序列确定的，当然氨基酸的序列最终是由基因编码的。蛋白质分为纤维蛋白，如构成毛发的角蛋白，以及具有催化功能和其它功能的球蛋白。

1.2.2 核酸

核酸是 4 种核苷酸构件分子的线性多聚体，负载着遗传信息。核苷酸含有一个核糖或脱氧核糖、一个含氮的杂环碱基和至少一个磷酸基团。核苷酸中的碱基是嘌呤和嘧啶。出现在 DNA 中的碱基有腺嘌呤 (A)、鸟嘌呤 (G)、胞嘧啶 (C) 和胸腺嘧啶 (T)；出现在 RNA 中的碱基有腺嘌呤 (A)、鸟嘌呤 (G)、胞嘧啶 (C) 和尿嘧啶 (U)。在核酸分子中，核苷酸之间通过磷酸二酯键共价连接，共价连接的核苷酸称为核苷酸残基。

1.2.3 多糖

糖主要由碳、氢和氧组成，包括简单的单糖、多糖和其他的糖衍生物。单糖和多糖的残基一般都含有几个羟基，因此也被称为多元醇。大多数常见的单糖含有 5 个或 6 个碳原子，最常见的五碳糖是核糖，核糖是核糖核酸 (RNA) 的糖成分，而出现在脱氧核糖核酸 (DNA) 中的是 2'-脱氧核糖。葡萄糖是常见的六碳糖。

葡萄糖是储存多糖糖原和淀粉及结构多糖纤维素的构件分子。在这些多糖中，每一个葡萄糖残基的 C1 都是与下一个葡萄糖残基的 C4 羟基形成糖苷键。不过淀粉和糖原与纤维素之间的糖苷键不同，前者形成的是可被淀粉酶降解的 α (1 \rightarrow 4) 糖苷键，而纤维素形成的是可被纤维素酶降解的 β (1 \rightarrow 4) 糖苷键。纤维素是地球上最丰富的生物聚合物。结构多糖除了纤维素外还有壳多糖 (几丁质) 和糖胺聚糖。

多糖还包括称为复合糖的蛋白聚糖、肽聚糖和糖蛋白，其中的糖成分大多为杂多糖。复合糖在细胞之间的相互识别、黏附、发育过程中的细胞迁移、血液凝固、免疫反应和愈伤过程中发挥重要的作用。

1.2.4 脂类

脂类是一类不溶于水的有机分子化合物。某些脂类是储能分子，某些脂类是膜的结构成分，还有些脂类参与细胞内和细胞之间的通信。最简单的脂类是脂肪酸，它是带有羧基的长的碳氢链。生物体内游离的脂肪酸含量很少，大都以三酰甘油（或称为脂肪）和甘油磷脂的化合物形式出现在生物体内。三酰甘油是哺乳动物中含量最丰富的一类脂类，由一分子甘油与三分子脂肪酸通过酯键构成。而甘油磷脂是甘油-3-磷酸与两个脂肪酸形成的磷酸酯，通常磷酸还共价连接着一个极性头（例如乙醇胺）。

由于磷脂既连有疏水的脂肪酸链，又连有极性头，所以磷脂是个两性脂类，是生物膜的主要成分。生物膜是由以磷脂为主的膜脂构成的脂双层，脂双层构成了所有生物膜结构的基础。生物膜将细胞或细胞内的区室与周围的环境隔离开，大多数生物膜都含有镶嵌在膜内或附着在膜上的蛋白质。某些膜蛋白可以形成营养物质进入或废物排出的通道，而有些膜蛋白可以催化发生在膜表面的特异反应。

1.3 生物化学反应

生物分子的合成或降解是由一系列生化反应完成的，这些反应绝大多数是由具有催化功能的被称为酶的蛋白质催化的。一系列有序的相关联的酶催化反应通常称为一个代谢途径。代谢途径中的反应物、中间物及产物称为代谢物，在一个代谢途径中，上一步反应的产物往往是下一步反应的反应物（酶作用底物）。生物化学反应通常受到严格调控，一些中心代谢途径几乎出现在所有生物中。

代谢包括分解代谢和合成代谢。分解代谢的显著特点是各种燃料的分解途径集中在几个相同的中间物上，然后通过一个中心代谢途径进一步代谢，同时产生大量能量。如糖、蛋白质和脂肪在降解为各自单体后，最后的产物都是乙酰辅酶 A，然后经柠檬酸循环被彻底氧化，释放出大量能量，其中很多释放的能量常以称为能量“货币”的腺苷三磷酸（ATP）和还原型辅酶形式储存，还原型辅酶还可再经氧化磷酸化过程将储存的能量转化为 ATP。生物合成途径进行的过程与分解代谢途径相反，但并不是分解代谢的逆过程。合成代谢是由相对比较少的代谢物合成大量各种各样生物分子的过程。

1.4 细胞——生命的基本单元

维持生命活动的绝大多数反应都发生在细胞内。细胞是生命组织的最小单位，生物分子的功能及这些分子代谢的反应都离不开细胞，因此了解细胞的结构和功能对理解生命极其重要。

细胞是生物体形态结构和生命活动的基本单元，它由质膜（plasma membrane）和其包围的原生质团所组成；其原生质团中含有一个核或拟核（nucleoid），具备一个物种的全部

遗传信息。细胞能够利用环境营养物质进行生长、复制和传递遗传信息及进行分裂增殖。细胞是组织、器官及个体发生和发育的基础。细胞的大小差别很大，有的肉眼就能看见，有的则需要利用显微镜才能看得到，例如原始的细菌。相同组织中的细胞其大小也可能不同，而且细胞的大小在不同生理状态下会发生改变。一般都用微米 (μm) 作为细胞大小的计量单位。此外，细胞的形状也是多样的，有球状、柱状体和多面体形状等。一般情况下，细胞都保持特定的形状以适应其特定的生物学功能的需要。有些细胞的形状也会随着生存环境的变化而发生改变，例如变形虫。细胞的大小和形状都与其功能紧密相关。

生物分为原核生物和真核生物两大类。由原核细胞组成的生物为原核生物。由真核细胞组成的生物为真核生物。原核生物都是单细胞生物，绝大多数真核生物为多细胞生物，但也有单细胞生物。

细胞分为两大类，即原核细胞 (prokaryotic cell) 和真核细胞 (eukaryotic cell)。原核细胞结构简单，种类也少，其中包括支原体、细菌和蓝藻等。真核细胞种类繁多，其结构组成也复杂，包括单细胞的酵母、草履虫和多细胞的真菌、植物和动物等。下面将分别简单介绍一下原核细胞和真核细胞。

1.4.1 原核细胞

原核生物 (prokaryote) 包含三大类，即支原体、细菌和蓝藻，都属于单细胞生物，它们独居或群居。细菌包括一个拟核，内含卷曲的 DNA 链，没有膜将它与细胞质分开。除细胞膜外，细胞中没有膜层结构，但含有许多核糖体。通常将这类细胞称为**原核细胞 (prokaryocyte)** (图 1.3)。

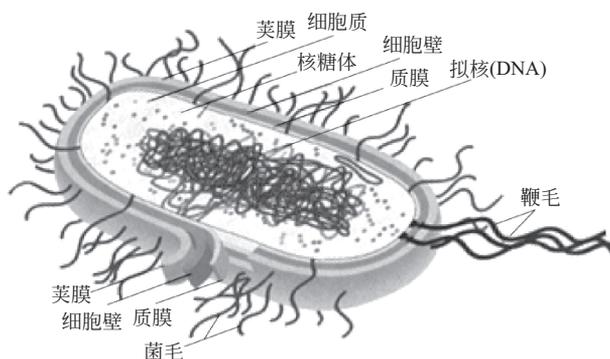


图 1.3 原核细胞

从图 1.3 中可看到，虽然原核细胞中没有膜包被的细胞核，但有一个 DNA 集中的拟核区，一个原核细胞至少含有一个拟核区。拟核区中封闭的环状 DNA 分子就是原核细胞的基因组，黏附在细胞膜上。原核细胞分裂前，DNA 自我复制，两个环状 DNA 分子都与质膜相连接。细胞分裂时两个子细胞分别得到 DNA 的一份拷贝。在一个原核细胞中，拟核区外的细胞质中含有许多呈小粒状的核糖体。这些核糖体中含有 RNA 和蛋白质，因此又被称为核蛋白颗粒，它们是蛋白质合成的场所。每一个原核细胞外都有一层与外面环境相隔绝的细胞膜，又叫做质膜系统，它是由脂类分子和蛋白质分子组成的集合体。除了细胞膜外，在细胞膜外面，原核细菌还有一层细胞壁，主要是由多糖组成的，对细胞起保护作用，这个特点有点像植物细胞。有些原核生物能够在极端环境下生活，以简单的无机物为营养进行生长和

繁殖。原核生物的基因组小，一般编码 500~6000 个基因。原核生物一般都以出芽生殖方式或二分裂 (binary fission) 的方式进行增殖。

支原体是能独立生活的单细胞生物，属于原核生物的柔膜体纲 (Mollicute)，被认为是目前发现的最小细胞，它没有细胞壁。支原体没有细菌的拟核结构，一般认为支原体是革兰氏阳性细菌退化而来。支原体能够感染动物、植物和人体并引起多种疾病。支原体种类繁多，多为寄生生物，其基因组严重退化，没有氨基酸合成、核酸合成、脂肪酸合成和三羧酸循环途径所需的酶，需要宿主提供营养和能量，同时需要宿主提供胆固醇来保持其质膜的稳定性，是绝对的寄生生物。

细菌 (bacterium 或 eubacterium) 也属于原核细胞，依照其细胞的形状，细菌分为球菌、杆菌和螺旋菌三类。细菌的大小差别也很大，但细菌的内部结构需用超薄切片在透射电镜下进行观察。细菌内含拟核结构，其核糖体和质膜的结构与化学组成和真核细胞的相似。细菌的质膜外有细胞壁，由称为胞壁质 (murein)，又称肽聚糖 (peptidoglycan) 的蛋白聚糖组成。对有些细菌来说，其细胞壁外面会附加一层胶质，被称为荚膜 (capsule)。有些细菌还有一些其它表面附属物，例如运动的细菌顶端有一条鞭毛，有些细菌在壁上有丝状突起称拿毛 (pils)。除拟核外，有些细菌还有一种可遗传的附加体质粒 (plasmid)，是一种独立存在于细胞质中的环状 DNA 分子，能自我复制。可以把它从细菌中分离出来，通过改造后，质粒可作为基因载体在遗传工程上应用。

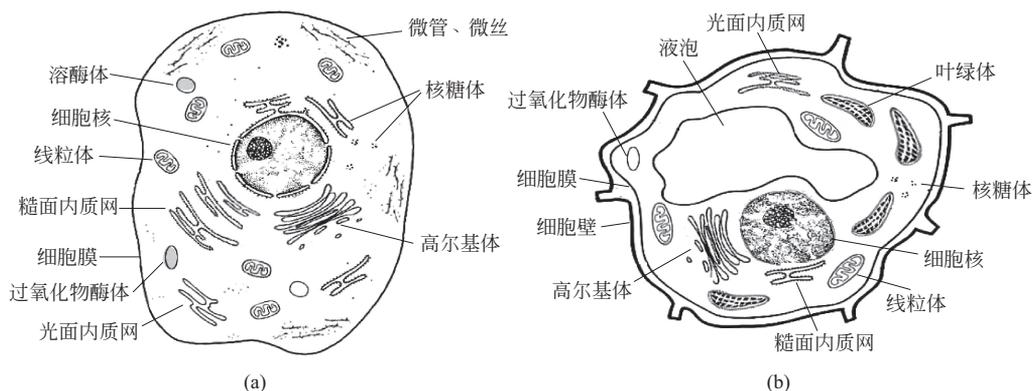
蓝细菌 (cyanobacterium) 也常称为蓝藻 (blue-green algae)，是能进行光合作用的原核细胞。蓝藻也含有细胞壁，其细胞壁的外面含有胶质层。蓝藻细胞内除拟核区外，分布着大量的光合片层和光合色素，如蓝色体 (cyanosome)。细胞质中还含有多磷酸盐颗粒 (polyphosphate granule)、糖原粒 (glycogen granule)、脂肪小滴 (lipid droplet)、多面体 (polyhedral body)、蛋白粒 (protein granule) 和气泡 (gas vacuole) 等。气泡的作用在于增强浮力，帮助蓝藻漂在水面上，以获得更多的阳光进行光合作用。

过去认为原核细胞没有细胞骨架系统，但后来的一系列研究证实原核细胞也具有独特的细胞骨架系统。细菌和古细菌细胞分裂的关键蛋白 FtsZ 具有鸟苷三磷酸酶 (GTPase) 活性，在体外能够形成较短的单链原丝 (protofilament) 结构，且原丝的构象是可变的。在细胞内和脂质体中，FtsZ 原丝能形成类似微管的环状骨架结构 (FtsZ-ring)，控制细菌细胞的分裂。FtsZ 在氨基酸序列上与微管蛋白 (tubulin) 虽然没有同源性，但 FtsZ 与微管蛋白具有相似的三维结构和保守地结合、水解 ATP 的氨基酸结构域。在芽孢杆菌中，FtsZ 同源蛋白形成的束状微管样结构能够将复制的质粒 DNA 进行分离。FtsZ 同源蛋白在高等植物中参与叶绿体和线粒体的分裂。同样，细菌细胞也有类似肌动蛋白 (actin) 的蛋白 FtsA、MreB 和 ParM。尽管它们在氨基酸序列上与肌动蛋白并不同源，但都具有肌动蛋白家族的三维结构特征。目前已经证明这些蛋白在体外都能形成丝状结构。另外，细菌中也发现了中间纤维 (intermediate filament) 蛋白。所以，原核细胞也具有细胞骨架系统，参与控制细胞分裂、染色体和质粒 DNA 的分离及细胞极性和形态的维持。过去也认为原核细胞没有内膜系统，但后来发现特殊类群的原核细胞中存在原始的膜包围的亚细胞结构，如磁小体和酸性钙小体。在趋磁细菌 (magnetotactic bacteria)，如磁螺菌 (*Magnetospirillum*) 细胞中存在一种膜结构的细胞器——磁小体 (magnetosome)，它是由细胞膜内陷形成的膜泡结构。趋磁细菌能够通过磁小体感受地球磁极性。酸性钙小体 (acidocalcisome) 是一种电子致密的、含钙和多聚磷酸盐结构。酸性钙小体包被有脂质膜，为原核细胞和真核细胞所共有。酸性钙小

体为钙离子和磷酸盐的储存提供场所，参与细胞内离子平衡、磷酸盐代谢、pH 平衡和渗透压调节等细胞代谢过程。

1.4.2 真核细胞

真核生物的细胞与原核细胞相比，在结构层次上要复杂得多，细胞内有膜包被的细胞核及许多具膜的细胞器，例如线粒体、高尔基体及由 DNA 分子、组蛋白和其他蛋白质等组成的染色体，人们将具备这样特征的细胞称为**真核细胞 (eukaryocyte)**。图 1.4 为典型的动物细胞与植物细胞的细胞结构。



(a) 动物细胞; (b) 植物细胞

图 1.4 细胞结构示意图

植物细胞像细菌一样有细胞壁，细胞壁主要由纤维素多糖组成，其作用是维持细胞的形状和机械的稳定性。另外植物细胞还含有特殊的细胞器——叶绿体（一种可进行光合作用的器官），它存在于绿色植物与藻类中。而动物细胞既没有细胞壁，也没有叶绿体。由于细胞壁的存在，导致植物细胞和动物细胞在胞间通信结构方面存在差异。植物细胞之间有一层胶状物把两相邻细胞的壁黏合在一起，称为中胶层或称胞间层。在两相邻细胞间的壁上，有原生质丝相连，称胞间连丝，使细胞间互相流通。而动物细胞则通过相邻之间的质膜变形形成紧密连接，把两个相邻细胞紧密“焊接”在一起，便于细胞通信和协调运动。对应地，动物细胞之间还存在着细胞外基质。植物细胞中液泡结构特别明显，包含大液泡和中央液泡，由单层膜围成，主要成分是水。

在真核细胞中，细胞核、线粒体和叶绿体是三种含有 DNA 的重要细胞器。细胞核中含有细胞中绝大部分的 DNA，并且是 RNA 合成的场所。线粒体中含有催化重要放能反应的酶。存在于绿色植物与藻类细胞中的叶绿体是光合作用场所。线粒体和叶绿体中都含有 DNA，它们分别指导线粒体和叶绿体内的转录及蛋白质合成的过程。

1.4.2.1 细胞核

除了哺乳动物血液中的红细胞和维管植物的筛管细胞没有细胞核之外，其它所有真核细胞都含有一个由核被膜界定的**细胞核**。核被膜由两层膜组成，外层膜延伸与细胞质中糙面内质网相连，外膜上分布着许多核糖体颗粒。核膜上分布有核孔（nuclear pore）的结构，负责细胞核和细胞质之间的物质运输。细胞核中有一个富含 RNA 的核仁。除了线粒体和叶绿体中的一小部分 RNA 之外，细胞中的 RNA 都是在核仁中合成，然后通过核被膜上的核孔

运输到细胞质的核糖体。核仁中存在着由 DNA 和 RNA 组成的染色质。跟原核细胞一样，真核细胞中主要的基因组（它的核 DNA）在细胞分裂前被复制，两份 DNA 拷贝被平均分配到两个子代细胞中。当一个细胞即将分裂时，原来松散的染色质紧密缠绕形成染色体，染色体可以通过电子显微镜或光学显微镜观察到。负责传递遗传信息的基因只是每个染色体中 DNA 的一部分。

细胞核的性状和大小因生物种类而表现出一定的差异，并且和细胞的形状、性质和发育时期有关。细胞核一般表现为圆球形或椭圆形并定位于细胞的中央。但在一些特化的细胞中，其定位形式表现出不同。例如，在成熟的植物细胞中，细胞核被中央大液泡挤到靠近细胞壁的胞质中。细胞核的大小和细胞的体积大小紧密相关，一般随着细胞体积的增加，细胞核的体积也会跟着增加。通常情况下，一个细胞中含有一个细胞核，但也出现一个细胞中含有多个细胞核的情况，这主要是由于细胞核进行无丝分裂以后，细胞没有跟着进行分裂。

1.4.2.2 线粒体

线粒体是细胞中最丰富的细胞器之一，占细胞质容积的 20%~25%。线粒体的体积较大，接近细菌的大小，但线粒体的性状是多种多样的。一般情况下，线粒体主要表现为粒状或杆状，像细胞核一样，它是双层膜包被的细胞器。外层膜的表面相当光滑，但是内膜向内折叠形成许多凸出的称为嵴的褶皱，嵴使内膜表面积增加，有利于氧化磷酸化反应进行。许多负责催化这些重要反应的酶分布在线粒体内膜上。线粒体被称为有机体的“发电厂”，因为在线粒体中发生的氧化反应可为细胞提供大量能量。细胞对能量的需求状况能够调控线粒体的数目和形态等。

线粒体基质中还含有 DNA 分子和核糖体，有一套自己的遗传体系。线粒体与细菌大小相近，DNA 分子也是环状的，人们推测它们有可能来自于被真核细胞吞噬的好氧细菌。

1.4.2.3 内质网

内质网是由一个连续的单层膜形成的小管、小囊或扁囊（也称为膜层或潴泡）构成的腔连通的连续网状膜。内质网分为糙面内质网与光面内质网两种类型。糙面内质网上镶嵌了许多核糖体，核糖体（也有一部分分布在细胞质中）是蛋白质合成、修饰加工、转运或输出的场所。另外糙面内质网也是制造许多细胞器（如高尔基体、溶酶体及内质网和质膜）膜蛋白和磷脂的工厂。但光面内质网上没有核糖体，广泛存在于可以合成类固醇的细胞，例如精巢的间质细胞、肾上腺皮质及其他分泌激素的细胞。内质网在细胞内的分布是动态的，包括糙面内质网与光面内质网的比例及内质网的面积，在不同的细胞类型、发育时期和代谢活动水平都表现出差异。通常，内质网辐射状分布在动物细胞核的周围，但植物细胞由于中央大液泡的存在，其内质网分布在细胞的四周。

1.4.2.4 叶绿体

叶绿体是高等植物和一些藻类所特有的重要细胞器。叶绿体的形状在不同绿色植物中表现出差异。在藻类中，叶绿体表现出网状、带状、裂片状和星形等。在高等植物中，叶绿体呈双凸透镜或平凸透镜形状。不同种类细胞中含有叶绿体的数目存在着很大的差异。例如，藻类细胞中有些只含有一个叶绿体，但在高等植物中，会出现一个细胞中含有 100 个以上叶绿体的现象。在外界环境的影响（如光强和照射方向）下，叶绿体在细胞中的分布位置会发生改变。叶绿体的外被是双层膜，内部有一个悬浮在基质中的复杂的膜系统。膜系统由一

摞一摞的称为类囊体的扁平囊组成，一摞扁平囊（10~50个）组成一个基粒，各基粒之间由埋在基质中的基质类囊体相连。光合作用色素和电子传递体都位于类囊体膜中。叶绿体和线粒体一样，拥有与核内DNA不同的环状DNA和核糖体，可以合成叶绿体中的部分蛋白质。

1.4.2.5 高尔基体

高尔基体（Golgi apparatus 或 Golgi complex）最先于1898年由高尔基（Camillo Golgi）在猫头鹰的神经细胞中发现，也因此而得名。高尔基体经常分布于细胞膜与内质网之间，呈弓形或半球形。在动物细胞中，高尔基体一般定位于靠近细胞核和中心体的位置，而在植物细胞中，高尔基体则遍布于整个细胞质基质中。高尔基体由一些（4~8个）具有光滑膜的堆积排列的扁平囊和一些小泡组成。其凸起面面对内质网，被称为顺面（cis face）；凹进的面面对质膜，被称为反面（trans face）。高尔基体被看作是细胞中蛋白质（特别是糖蛋白）合成、加工、储存和转运的中心，对分泌的糖蛋白具有修饰及转运作用。

1.4.2.6 其他细胞器和细胞组成

溶酶体是动物细胞中一类由单层光滑膜包被的小泡，泡内含有多达60种的酸性水解酶，其中包括蛋白酶、核酸酶、糖苷酶、脂酶、磷酸酶、硫酸酯酶和磷脂酶等。这些酶在酸性条件（最适pH为5.0）下能够将溶酶体吞入的蛋白质、核酸、多糖和脂类等生物大分子及细胞中失去功能的细胞结构碎片降解。

过氧化物酶体是一个由单层膜包裹的卵圆形或圆形小体。过氧化物酶体含有多种氧化酶，例如L-氨基酸氧化酶、尿酸氧化酶（人类、鸟类等过氧化物酶体不含该酶）以及催化 H_2O_2 分解为 H_2O 和 O_2 的过氧化氢酶等。各种氧化酶有一个共同特征：在氧化底物过程中，氧化酶使氧还原为过氧化氢，然后过氧化氢酶再将过氧化氢还原为水和氧。

乙醛酸循环体是存在于植物细胞的一种细胞器，含有催化乙醛酸循环的酶，乙醛酸循环可将某些脂类转化为糖类，乙醛酸是乙醛酸循环的中间体。

细胞膜由脂双层及镶嵌在上面的多种蛋白质构成，主要功能是将它与外界环境相隔绝。质膜和所有生物膜都有选择透性，一些物质可以很容易通过膜，而大部分物质不能通过，但膜上的一些膜转运蛋白质可将特定的物质转运过细胞膜，进入细胞内。

植物细胞（及藻类）的细胞膜外有细胞壁。植物细胞细胞壁中的纤维素是植物的主要组成成分，木头、棉花、亚麻及大多数品种的纸张中主要含有纤维素。

植物或真菌细胞中还含有位于细胞中央的巨大的液泡，液泡是一种位于细胞质中由单层膜包被的充满稀溶液的囊泡，其中溶有无机盐、氨基酸、糖类和包括花色素苷在内的各种色素。液泡的一个重要功能就是将那些大量产生不能及时排出的毒性代谢物质与细胞中其他物质相隔绝。这些代谢产生的废物可能有足够的异味，甚至有足够的毒性，可降低食草动物对它们的食欲，这样便为这些植物提供了一定的保护。

小结

细胞是生物体形态结构和生命活动的基本单元。细胞由原生质小团组成，其中包含一个核（或拟核）。根据是否存在细胞核，细胞分为原核细胞和真核细胞。其中原核细胞质膜内的细胞质和与核质之间没有膜分隔，没有形成真正的细胞核，但存在拟核区，故称原核细胞。原核细胞中也没有真正意义上的内膜系统把细胞各部分间隔开来，许多代谢反应都在细

胞液中进行。过去认为细胞骨架系统是真核细胞所特有，但现在发现原核细胞中也存在特异的细胞骨架系统。真核细胞的细胞质和细胞核之间被核膜分开，细胞质中存在复杂的内膜系统，其中包括细胞核、线粒体、叶绿体、内质网、高尔基体、溶酶体、液泡和过氧化物酶体等细胞器。这些细胞器都有自己特定的生物功能，例如线粒体是细胞进行呼吸的场所，被称为生物体的“发电厂”。真核细胞又有动物细胞和植物细胞之分，其中植物细胞含有细胞壁和叶绿体等特异的细胞结构。

习题

1. 为什么细胞膜不是一个绝对的隔绝细胞质与细胞外界环境的屏障？
2. 原核细胞与真核细胞划分的标准是什么？
3. 与原核细胞相比，真核细胞有什么优势？
4. 比较植物细胞和动物细胞的异同。