

第一章 生命的概述

大约在 46.6 亿年前地球形成，距今约 38 亿年前生命出现。生命给地球以生机，经过亿万年的自然选择和进化，形成了丰富多彩的生物界，使地球美丽如画。

生命科学是研究生命的科学，它研究从最简单的生命（病毒）到最复杂的生物（如人类）在内的各种动物、植物和微生物等生命物质的结构和功能，它们各自发生和发展的规律，生物之间以及生物与环境之间的相互关系；目的是为了阐明生命的本质，探讨其发生和发展的规律，以有效的控制生命活动和能动的加以利用，使之更好地为人类服务。

生命科学除了包含全部生物学科外，还包括农、林、渔、牧、医药卫生等的相关学科。生命科学除作为农业、医学和环境科学的基础外，它与自然科学、工程技术、哲学和社会科学彼此渗透，促进许多综合性边缘学科的形成和出现，日益显示出生命科学作为一门领先学科的趋势。具有生命科学的基本知识是深入学习好文、理、工、农、医等各专业知识的必要基础。因此学习和掌握生命科学的理论和技术是科学发展的需要，是时代的要求。

近年来，由于生命科学所研究的客体的极端重要性和复杂性，以及人类生存发展的迫切要求，加上物理学、化学、计算机科学以及哲学的支持，人们更加意识到生命科学完全有可能出现革命性的变化，以至于可能成为科学革命的中心。

第一节 基本生命现象

生命现象是复杂的，是多种多样的，生命的产生、进化也是人们长期探索的课题。

地球上天然存在 92 种化学元素，动物体内已发现有 50 多种，植

物体内部则超过 60 种，在动植物体内发现的各种元素中，有一些尚不知其在生命现象中的作用，但至少约有 30 种参与生物的组成，其中含量最高的有 C[碳]、H[氢]、N[氮]、O[氧]，还有 P[磷]，这些是构成生物体的必不可少的元素（表 1-1）。

表 1-1 生物体内元素组成（百分含量）

含量最多的元素		其他必需元素		痕量元素	
C	18.0	P	1.1	Mn	V
H	100	S	0.25	Co	Mo
N	3.0	Ca	2.0	Cu	Li
O	65.0	K	0.35	Zn	F
		Na	0.15	Se	Br
		Mg	0.05	Ni	As
		Fe	0.004		Sn
		I	0.0004		Ba

生物体内由碳组成生物体的骨架。碳元素可以形成长链状、环状的化合物，进而形成生物大分子，如糖、脂肪、蛋白质、核酸等。

单糖脱水缩合成多糖；氨基酸脱水形成肽链——多肽和蛋白质；核糖、含氮化合物碱基和磷酸形成核苷酸，多个核苷酸分子形成多核苷酸长链——核酸；它们都具有十分严整的结构。

非细胞形态的病毒也含有蛋白质和核酸，严整的结构形成外壳和基因。生物的基本组成单位是细胞（原核细胞和真核细胞）。真核细胞有由单位膜组成的单层膜和双层膜构成的细胞器表面和细胞表面，是严整有序的。多细胞生物则形成有序的组织、器官和系统。

一、新陈代谢

新陈代谢是生命的最基本特征之一，广义上泛指生物与周围环境进行物质和能量交换的过程。新陈代谢分为合成代谢、分解代谢两个方面。生物体摄取营养转化成自身的组成物质并储存能量的过程称为合成代谢或同化作用；生物体将自身的组成物质分解并释放能量的过程称为分解代谢或异化作用。新陈代谢过程中涉及物质代谢和能量代谢两个内容。

物质代谢是指物质在细胞内合成和分解的过程。能量代谢是指生

物体体内新陈代谢过程中，能量的释放、转变和利用的过程。在物质代谢中，总是伴随能量的转换。生物体内的糖酵解和三羧酸循环，能使葡萄糖彻底氧化成 CO_2 和水，并产生大量能量。所产生的能量大部分转移到 ATP 的高能磷酸键中 [一个腺苷三磷酸 (ATP) 释放一个高能磷酸键，大约放出 30.5kJ 的自由能]。

二、生长、发育和繁殖

生长是生物体或细胞从小到大的过程。当物质代谢中同化作用超过异化作用，生物体或细胞的体积和质量增加，伴随而来的是细胞的分裂，细胞数目增多，生物体积增大，这种现象在多细胞生物中更为明显。生长通常伴随发育。

发育是细胞的分化和形态的形成，也是结构和功能从简单到复杂的过程。高等植物和高等动物从受精卵形成胚胎并长成性成熟个体的过程称为个体发育。高等动物的个体发育常分为两个阶段。

1. 胚胎发育 在卵膜或母体内，受精卵发生卵裂，经过囊胚、原肠胚等阶段，形成两个或三个胚层，并分化为组织、器官和系统直至形成独立生活的幼体或胎儿。

2. 胚后发育 从卵膜孵化或从母体分娩出的胎儿经过幼体到性成熟，直到成年期至老年期。高等植物的个体发育不但包括了根、茎、叶的形成，也包括了繁殖器官的形成，如被子植物花、胚、种子的形成。发育的结果必然导致繁殖器官的形成。

繁殖是指生物产生新个体的过程。由于新的个体的产生，使个体有限的寿命延长成为物种存活时间。繁殖的方式是多种多样的，但大多数生物有一定的繁殖期和繁殖地。

三、遗传、变异和进化

遗传一般指亲代的性状在下一代表现，或是遗传物质从上代传给后代的现象。遗传过程包括遗传信息的复制、演变、重组、传递和表达。遗传信息以遗传密码的形式贮存在基因内，因此后代总是表现与亲代相似的特征或表型。在有性生殖过程中，伴随遗传信息的突变和重组，后代表现出不同于亲代的特征或表型，称为变异。变异也指同一起源个体间的差异，包括遗传相同而环境不同的环境变异或非遗传

变异和环境相同而遗传不同的遗传变异。遗传变异经自然选择或遗传漂变，导致了生物的进化。进化也称为演化，是指生物体的结构由简单到复杂、生物种类由少到多、生物由低级到高级的发展过程。遗传变异和进化是紧紧相连的。

四、稳态、应激性和适应性

稳态也可称为体内平衡，最早用于动物。为使生理过程以最适的速率进行，动物体内的血液和体液的化学成分及内环境的其他方面，维持在恒定状态的生理过程称为稳态，如酸碱平衡和体温的恒定。现在，稳态的概念已超过了个体范围而扩展到细胞、群落和生态系统。细胞、个体、群落和生态系统在无激烈的外界影响下，生物以各自特有的机制保持着动态的稳定。生物的稳态是相对的，当环境发生变化时，生物体能够随环境变化的刺激而发生相应的反应，这种能力称为应激性。生物丧失了应激性，生命活动就随之而停止。在一定的环境变化范围内，生物适应环境变化，而产生一定性状和结构的变异，使该生物得以生存和延续，这一现象称为适应。适应是生物界普遍存在的现象，常可分为生存竞争中的自然选择适应和生理适应，前者如鸟翅结构适合飞翔，鱼类的体形和鳃呼吸适应水中生活；后者如感觉适应，如对光线强弱的光适应或暗适应等，对高等动物而言这具有重要意义。

第二节 生命的物质基础

前面述及组成生物元素具有同一性，这些成分可分为无机组成和有机组成两部分。

一、无机组成

无机组成包括水和无机盐。

(一) 水

生命活动离不开水。水是极性分子。带负电荷的氧和带正电荷的氢可以与其他水分子形成氢键。氢键很脆弱，保持时间很短，约为 $10^{-10} \sim 10^{-11} \text{s}$ 。氢键裂开快，形成也很快，其结果是水分子总是不稳定的氢键连成一片。这一特性使水有了很强的内聚力和表面张

力。内聚力是很大的，在树木中水分子上升 100m，需要 1MPa 的压力，克服水柱上升的阻力约 1.8MPa，两者相加仅为 2.8MPa，实际测得水柱的内聚力高达成 1.5GPa 很多昆虫可以在水面行进，就是有表面张力的缘故。

水分子的极性使它可以与极性分子和极性表面结合而形成真溶液和胶体溶液。溶液在动物体内可以通过循环系统进行运输，供生长发育的物质和代谢产生的废物可以通过这种运输送到身体的各部分或排出体外。物质在植物体内也是通过水来运输的。活细胞中水分子可以附着在纤维素、淀粉和蛋白质分子上，称为结合水，结合水在生物的生命活动中具有重要意义。水的比热容大，1g 水上升 1℃ 需要 4.184J 的热量，而同样质量的空气仅需要 1.046J 即可。水的汽化热也大，在 100℃ 时 1g 液态水变为蒸汽需 2259.36J 的能量。比热容大和汽化热高，使浸溶在水中的细胞温度不会因大气温度的剧烈变化而变化，有利于细胞维持代谢所需的最佳温度。

(二) 无机盐

细胞中的无机盐常以离子状态存在，如 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 HPO_4^{2-} 、 HCO_3^- 等，这些离子对于细胞的渗透压及 pH 值的调节具有重要作用。有些离子是酶的活化因子和调节因子，有些为有机物合成原料。

1. Na^+ 和 K^+ 除维持 pH 外，神经细胞的内外 Na^+ 和 K^+ 的浓度存在明显的差异，细胞外 Na^+ 多而细胞内 K^+ 多。由于这种差异形成了神经的静点电位，静点电位的变化与神经兴奋传导有关。

2. Ca^{2+} 钙元素约占人体元素组成的 1.9%，成人体内为 1000~1500g，其中绝大部分与 PO_4^{3-} 形成骨骼，仅 0.6% 参与牙齿的形成，软组织中占 0.6%，血浆中占 0.03%，细胞间液占 0.06%。 Ca^{2+} 除与神经的兴奋和肌肉的收缩舒张有关外，还与血液凝固、激素的作用、细胞功能密切相关

3. HPO_4^{2-} 磷占体内元素的 1%，成人体内为 600~700g。80%~90% 的磷形成骨骼和牙齿，其余参与磷脂、DNA (RNA) 和 ATP 的形成。

4. 铁(Fe) 铁是血红蛋白、肌红蛋白的组成部分。人类缺铁易发生缺铁性贫血等疾病。

5. 氟(F) 存在于骨骼和牙齿中，能增加骨密度，预防骨质疏松。摄入适量的氟能预防龋齿的发生。

6. 锌(Zn) 锌是多种酶的组成部分，如碳酸酐酶，胰羧肽酶，碱性磷酸酯酶等多种脱氧酶，同时也是酶活性必不可少的调节物质。

7. 铜(Cu) 铜是酶(如细胞色素 C 氧化酶)的组成部分，也是血浆铜蓝蛋白、血铜蛋白、血球铜蛋白、人肝铜蛋白、脑铜蛋白的组成成分，并参与蛋白质的合成和骨的形成。

8. 碘(I) 碘是甲状腺素 3,5,3',5'-四碘甲状腺原酸 T_4 和 3,5,3'-三碘甲状腺原酸 T_3 的组成部分。 T_4 、 T_3 促使细胞内线粒体的呼吸作用，诱导酶蛋白和膜激素受体蛋白的合成。

9. 硒(Se) 硒是谷胱甘肽过氧化物酶的组成部分，与肝功能代谢及肌肉代谢有关。

10. 硼(B) 硼是植物生长所需的。

11. 镁(Mg) 与酶的激活，叶绿素的构成，骨骼合成有关。

12. 硅(Si) 硅是在骨骼和软骨形成初期必需的。

13. 钒(V) 钒是鼠和绿藻的生长因子，能促进哺乳动物牙齿的形成。

14. 铬(Cr) 促进葡萄糖的利用，与胰岛素的作用机制有关。

15. 锰(Mn) 酶的组成成分，并参与酶的激活，在光合作用中与光的水解有关。

16. 钴(Co) 维生素 B_{12} 的成分，并与红血球形成有关。

17. 钼(Mo) 与色素氧化酶、醛氧化酶的活性有关，并参与有氧呼吸。

二、有机组成

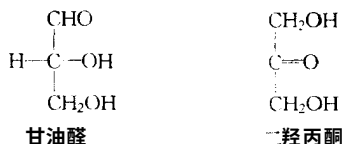
生物体的有机组成包括糖类、脂类、蛋白质和核酸。有的作为结构物质参与生物体的构成，有的作为能量物质参与能量代谢和物质代谢。

(一) 糖类

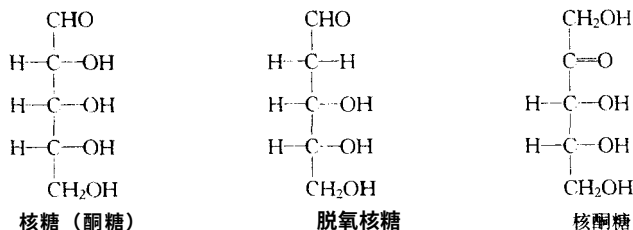
主要由 C、H、O 三种元素组成，多数糖中 C、H、O 的比例为 1:2:1。少数糖如鼠李糖 ($C_6H_{12}O_5$) 则不符合上述比例，糖类包括小分子的单糖、寡糖和多糖(糖原、淀粉和纤维素等)。

1. 单糖 单糖的分子式为 $(CH_2O)_n$ ，其中 $n \geq 3$ 。糖是由碳组成骨架，3 个碳原子的为丙糖，5 个碳原子为戊糖，6 个碳原子为己糖。单糖以两种式存在：醛糖和酮糖。重要的单糖有以下几种。

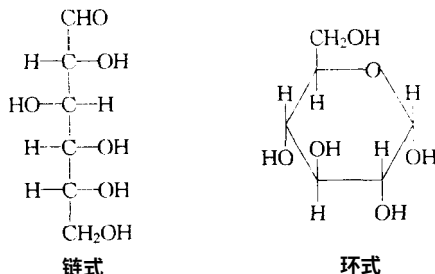
(1) 丙糖 重要的有甘油醛(醛糖)和二羟丙酮(酮糖)。它们的磷酸酯在细胞呼吸和光合作用中是重要的中间代谢物



(2) 戊糖 戊糖中最重要的有核糖，脱氧核糖和核酮糖三种，前两者是遗传物质的组成部分，后者是糖代谢的中间代谢产物。化学分子式分别为：



(3) 己糖 最常见的己糖是葡萄糖：



2. 寡糖 2~6 个单糖缩合而成的糖称为寡糖，最多的为二糖，

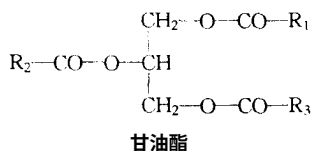
如蔗糖、麦芽糖、乳糖、

3. 多糖 常见的多糖在植物界中为纤维素、果胶，在动物界中为糖原、甲壳素、肝素、硫酸软骨素和透明质酸。

(二) 脂类

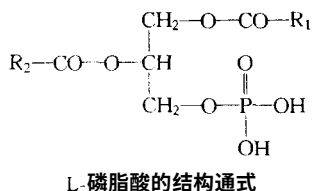
脂类不溶于水，能溶于非极性溶剂（脂溶性溶剂，如乙醚、氯仿和苯等）的化合物，其结构相差甚大脂类也由 C、H、O 组成，但 H:O 比值大于 2，少数脂类含 N 和 P。脂类可分为脂肪、磷脂、类固醇和萜类等。

1. 脂肪 脂肪依其在常温下的形态可以分为液态的油和固态的脂。二者都是由甘油（丙三醇）和脂肪酸结合形成的酯，称为甘油酯。化学式为：



上式中 R 为脂肪酸的碳氢链，组成脂肪的碳氢链可能是相同的也可能是不同的。脂肪分子中无极性基团者称为中性脂肪。中性脂肪是高度疏水（即不溶于水）的。

2. 磷脂 磷脂组成与甘油相似，其区别在于甘油的一个羟基与磷酸形成磷酸酯，磷酸酯再与含氮化合物结合。这类化合物可以看作 L-磷脂酸的衍生物。化学式为：



在磷脂酸中，磷酸结合胆碱、乙醇胺、L-丝氨酸等含氮化合物，分别形成磷脂酰胆碱（卵磷脂），磷脂酰乙醇胺（脑磷脂）和磷脂酰丝氨酸。

3. 类固醇 类固醇又称甾醇，是由 4 个碳环组成的环戊烷多氢

菲形成的母核或基本骨架。化学分子式为：

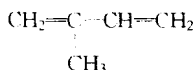


环戊烷多氢菲

不同的固醇类化合物，只是母核上连有不同的侧链基团或取代基。最常见的固醇是胆固醇，在 17 位碳原子上连上异辛醇而形成的其他重要的类固醇化合物有麦角固醇、胆酸、肾上腺皮质激素、性激素、强心苷、甾体有机碱、甾体皂素、类固醇具有重要的生理活性、胆固醇参与人体血液循环中脂类的运输胆汁酸是胆汁的组成部分，参与油脂的消化吸收。雄激素促进精子和副性器官的发育，激发并维持男性副性征；雌激素促进子宫、阴道、乳腺导管的发育，激发并维持女性副性征。孕激素促进子宫内膜增生和乳腺泡的发育。

(三) 萜类

萜类物质是异戊二烯聚合衍生的化合物，凡分子式符合 $(C_5H_8)_n$ 的物质称为萜类化合物

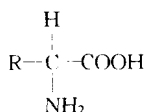


异戊二烯

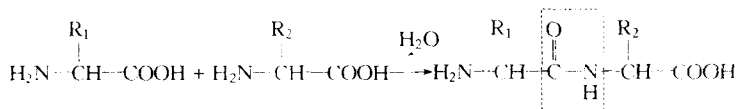
萜类化合物是天然产物中最的一类，据 1991 年统计已超过 23000 种。不少萜类化合物具有重要生理功能，如：视黄醛在人视觉细胞中参与对光量子的信号感受；叶绿醇是叶绿素的重要部分； β -胡萝卜素是维生素 A 的重要来源。挥发油（精油）由不同的萜类化合物组成，是香精、香料的重要原料。

(四) 氨基酸和蛋白质

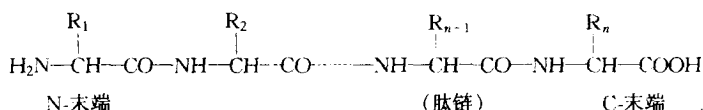
微生物、植物和动物的蛋白质中主要有 20 种氨基酸。另外几种局限分布的氨基酸仅在一中或几种蛋白质中存在。除甘氨酸外，所有的氨基酸都是 α -氨基酸，即氨基连在羧酸的 α 碳原子上：



(1) 多肽一个氨基酸的羧基与另一个氨基酸的氨基结合，两者之间脱去一个水分子，所产生的键称肽键。化学分子式为：



氨基酸以肽键的方式组合成多肽。很多氨基酸残基连成的肽链，在键的一端是裸露的氨基，该端称氨基端或多肽的 N-末端，另一端是羧基，叫做羧基端或 C-末端。化学分子式为：



(2) 蛋白质的分子结构 蛋白质上氨基酸是线形结构，但分子形状不是简单的线形，这是因为蛋白质分子有复杂的结构

一级结构：蛋白质中氨基酸的排列顺序称作蛋白质的一级结构，它包括蛋白质中桥键的位置和数目。如牛胰岛素的一级结构（图 1-1）

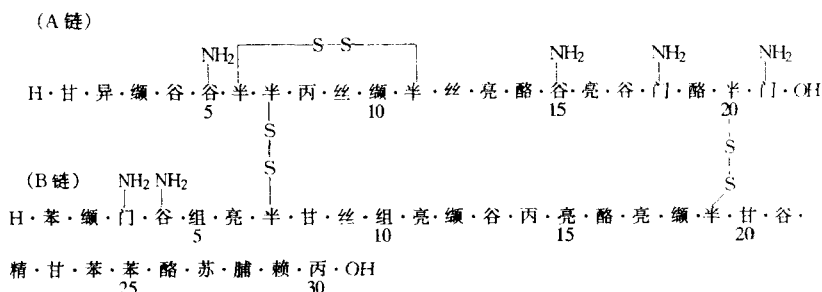


图 1-1 牛胰岛素分子中各种氨基酸的排列顺序

二级结构：是指蛋白质分子的肽链向单一方向卷曲而形成周期性的重复结构或构象。这种周期性的结构是以肽链内或多肽链间的氢键来维持的。如动物的多种纤维蛋白，它们的分子围绕一个纵轴缠绕成螺旋状，称为 α 螺旋。除 α 螺旋外，蛋白质的另一种二级结构称为 β 折叠片，即并列的比 α 螺旋更为伸展的肽链。

三级结构：在二级结构的基础上，再由氨基酸侧链之间通过形成氢键、疏水键、二硫键、盐桥或对偶作用再度折叠卷曲而成三级

结构

四级结构：是指几条多肽形成的蛋白质中，各条多肽的三级结构在空间的位置。

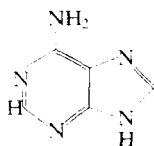
(五) 核酸

核酸是生物大分子中最重要的一类，是单核苷酸的聚合物。单核苷酸由戊糖（核糖、脱氧核糖）、碱基（嘧啶或嘌呤）和磷酸组成。

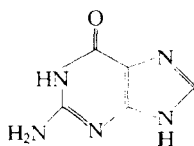
1. 戊糖

2. 碱基 碱基是含氮的杂环化合物。

(1) 嘌呤 主要包括两种，其结构式如下：

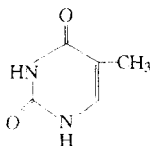


腺嘌呤 (Adenine, A) 6-氨基嘌呤

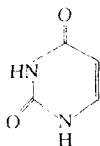


鸟嘌呤 (Guanine, G) 2-氨基 6-氧嘌呤

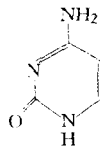
(2) 嘧啶 化学结构式为：



胸腺嘧啶 (Thymine, T)

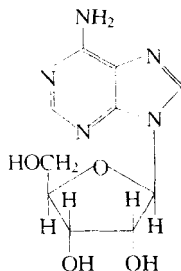


尿嘧啶 (Uracil, U)



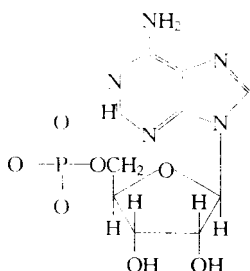
胞嘧啶 (Cytosine, C)

3. 核苷 戊糖与碱基结合成苷，核糖形成核苷，脱氧核糖形成脱氧核苷碱基连在戊糖分子的 1 位碳原子上，如：



4. 单核苷酸和核酸 单核苷（脱氧核苷）与磷酸结合形成核苷酸（脱氧核苷酸）。磷酸连在核苷中糖分子的 2'-、3'-、5'-碳原子上，

称为 2'-核苷酸、3'-核苷酸、5'-核苷酸 如 5'-核苷酸：



多个单核苷酸连结成核酸。核酸可分核糖核酸（ribonucleic acid, RNA）和脱氧核糖核酸（deoxyribonucleic acid, DNA）。

5. 有特殊生物学功能的核苷酸 除了组成核酸外，部分核苷酸还有特殊生物学功能。如 ATP 是生物体内的通用“能量货币”形式；GTP、UTP、CTP 分别是蛋白质、糖原、脂类合成中必需的能量之一；cAMP（环式腺苷酸）是生物体内的第二信使，介导激素及调节细胞生命活动；AMP 还有一些重要维生素及辅酶的组成成分。

第三节 生物体的基本组成单位——细胞

一、细胞学说的形成与发展

人眼的分辨率，即区分两条直线间的最小距离为 $100\mu\text{m}$ (0.1mm)。Robert Hook 在 1665 年用自制的显微镜观察树皮木栓层细胞，发现是由很多小室（cell）组成的，后来将此小室称为细胞。M.J.Schleiden 于 1838 年发现植物由细胞组成；1839 年 T.Schwann 发表了关于动物植物结构和生长一致性的显微研究结果。所以，常将 1838~1839 年作为细胞学说正式确立的时间。从此，细胞学说成为生物学的基础，也成为生物科学研究的热点和前沿。1870~1900 年间细胞学说和胚胎学趋于成熟。进入 20 世纪，特别是 50 年代以来，随着技术的发展，形成了从细胞层次研究生命过程的新科学——细胞生物学。研究细胞的过程中常用光学显微镜（简称光镜），光镜的分辨率为 0.2nm 。设计制作精良的光镜，最大放大倍数为 1500~2000 倍。通常将用光镜来观察的结构称为微观结构。

20 世纪 30 年代电子显微镜（简称电镜）的发明，分辨率能达到 $0.2\sim0.3\text{nm}$ （相当于较大的原子大小），使研究更细微的结构成为可能。电镜下观察到的结构称为亚微观结构。

二、原核细胞和真核细胞

通过电子显微镜技术和其他方法的观察，可以将细胞分为两大类，即原核细胞和真核细胞

1. 原核细胞 细胞内同时具有 DNA 和 RNA；无核膜，无定型的细胞核；细胞质中没有线粒体、高尔基复合体及内质网等以膜为界的细胞器。

2. 真核细胞 地球上绝大多数生物的细胞为真核细胞真核细胞的结构和功能研究得最多（详见后述）。

三、真核细胞的结构与功能

（一）细胞膜

1. 生物膜和细胞表面

（1）生物膜 又称为单位膜，由脂类和蛋白质组成。脂类主要是磷脂和胆固醇。磷脂分子具有一个亲水的“头”和一个疏水的“尾”，“尾”“尾”相连形成磷脂双分子层。蛋白质分子附着在双层脂质膜的表面或嵌入其中，这样的构成称为生物膜或单位膜。

在研究生物膜的过程中，人们建立了 50 余种结构模型，熟知的是由 S.J.Singer 和 Nicolson1972 年提出的流动镶嵌模型，这种模型强调流动的双层脂质层构成膜的连续主体，蛋白质分子在脂质双分子层中可以任意流动。

为了更好的解释生物膜的结构与功能，1975 年，Wallach 提出晶格镶嵌模型，认为蛋白质分子可以影响周围的脂质分子，使其不能任意流动。这类脂质也称为界面脂质。界面脂质与蛋白质形成有序的晶格，从而使流动性的脂质由无序向有序转变。1977 年，Jain 和 White 提出板块镶嵌模型，其要点是：膜上分子（脂类、蛋白质）可以聚集而形成板块，板块的大小、组分、寿命、形式及流动性可以有较大的差异，形成不均一的结构，从而影响物质的运输和其他作用。

总之，生物膜结构和功能很难用一种模型来概括。

(2) 细胞表面 动物细胞表面称细胞膜或质膜。植物细胞表面除质膜外，尚有纤维素的细胞壁。细菌的细胞表面是由肽聚糖构成的细胞壁。真菌的细胞表面是由甲壳素和纤维素构成的细胞壁。

2. 细胞膜的功能 细胞膜是细胞与外界环境之间的界面，不但是细胞与外界物质交换的屏障，而且与周围环境或结构互通信息，以协调相互作用。细胞膜表面存在膜抗原，使之具有免疫的化学特性。细胞膜上又配置着多样的受体，以识别内外多种信号，调控细胞的应激性。细胞膜的功能不但以其通透性调节物质的转运、信息的传递，而且还和机体的免疫机能、细胞分裂、分化及癌变等过程有关。

(1) 细胞膜与细胞内外物质交换 细胞膜对于物质的进出有选择性调节作用，膜上形成多种多样的与运输有关的结构，以此实现与外界不同物质的交换。

膜对分子和离子的通透作用，可分为被动运输和主动运输两大类。前者又可分为简单扩散，溶剂牵引和协助扩散。

简单扩散：非极性分子依浓度梯度转运，从高浓度向低浓度移动的现象。如 CO_2 和 O_2 等气体分子进出细胞膜，即为简单扩散。

溶剂牵引：溶于脂类的物质易进入细胞，分子进入细胞的速度取决于它们的脂溶性和分子大小。凡脂溶性大的物质，其通透性就大；凡脂溶性小的物质，其通透性就小。如乙醚、氯仿等物质就易于透过细胞膜。

协助扩散：非脂溶性的物质或亲水性物质，不能直接透过细胞膜的双脂质层，需要借助细胞膜上的特殊蛋白质（载体或导体）才能通过。如 Na^+ 、 K^+ 、葡萄糖和氨基酸就需要特殊蛋白质的协助，才能通过细胞膜。

主动运输则是通过能量消耗，将物质从低浓度向高浓度运输的现象，如神经细胞内外 Na^+ 和 K^+ 的运输。神经细胞内 K^+ 的浓度比膜外高 35 倍，膜外 Na^+ 的浓度比膜内高 12 倍。神经细胞的静息电位，即由离子浓度差形成，当神经冲动传导时，静息电位失衡，原先的浓度差改变，再通过钠-钾泵（ Na^+ 、 K^+ -ATP 酶）的耗能，恢复到静息电位时的 Na^+ 、 K^+ 浓度。钠-钾泵的运输是主动运输。

入胞作用和出胞作用：一些大分子物质或物质团块，可以因细胞膜形态和机能的变化而入出细胞，称为入胞作用或出胞作用。出（入）细胞作用也要消耗能量，如变形虫的吞食和某些细胞的吞噬作用。

(2) 细胞膜与免疫作用 细胞膜表面存在一些大分子物质，能够作为免疫反应的特异性刺激原，即膜抗原。如红细胞质膜上存在着与血型有关的抗原（凝集原），能对不同血型的血液发生反应（凝集或不凝集），它可能被特异的免疫系统识别而引起排斥作用。

(3) 细胞膜受体和细胞识别 细胞膜上存在一类镶嵌蛋白，能够识别周围环境的活性物质，并能与之结合而在细胞内引起相应的反应。这类镶嵌蛋白称为受体，外界活性物质称为信号。受体具有两种功能：一是识别信号，能够有选择的与细胞外环境中的特殊物质相结合；二是活化生物化学过程，产生一定的效应，如激活酶的活性。

(二) 细胞核

细胞核的出现在生物进化上具有极其重要的意义，使细胞的结构和功能更加复杂化。由于结构和功能的复杂化，增强了变异性，为真核细胞的分化以及向多细胞生物的发展，奠定了物质基础。

细胞核包括核被膜、核质、染色质和核仁等部分。

1. 核被膜 核被膜包围细胞核表面，包括核膜和膜下纤维层两部分。核膜由两层单位膜组成；膜上具有开孔，称核孔；核孔是物质进出的通道。

2. 核质 核质也称为核基质，是由蛋白质纤维组成的网状结构，分布于细胞核中，为染色体提供附着场所。网孔中充满液态的物质核液。核基质与 DNA 的复制启动有关，是核的原料和能量来源的场所。

3. 核仁 细胞核中的核仁呈圆形或椭圆形，没有外膜。核仁富含蛋白质和 DNA 分子。核仁能形成核糖核酸 RNA 并将其运送到细胞质中。

4. 染色质 染色质通常分为细丝状的常染色质和颜色较深、团块状的异染色质。

(1) 染色质的化学组成 主要为 DNA 和组蛋白，此外含少量的非组蛋白和 RNA。

① DNA 是基因的组成部分，含量稳定。人类每个体细胞中含 $7.0 \times 10^{-8} \text{g}$ ，因双螺旋 DNA 为 $3.4 \times 10^{-12} \text{g}/\mu\text{m}$ ，因此可算出每个细胞中 DNA 长度为 2.2m 。

② 组蛋白。它是含赖氨酸和精氨酸较多的碱性蛋白。组蛋白参与维持染色体的结构，有阻遏 DNA 转录 RNA 的能力。

③ 非组蛋白。为含天门冬氨酸、谷氨酸较多的酸性氨基酸组成的蛋白质。包括与 DNA 合成、修复有关的各种酶；与 RNA 聚合有关的酶；与蛋白质加工、降解有关的酶等三大类。

④ RNA。核内的 RNA 有 tRNA、rRNA 及 RNA 前体（不均一核 RNA，hnRNA），还有分子量更低的核内小 RNA（snRNA）。

(2) 染色质的结构 人体细胞内染色质长约 2.2m ，能够组装到直径不到 $10\mu\text{m}$ 的核中，并在复制时，又能有条不紊的活动的现象表明，染色质必定有严整有序的结构。

许多人对染色质的结构进行了研究，提出了许多模型，但至今未形成统一完善的理论。通常将其归结为 4 级折叠模型。

① 核体模型 核体模型认为染色质纤维由核体重复串成，核体由核心颗粒与连接部组成。核心颗粒为 8 个组蛋白质分子组成的八聚体，外面缠有 140 个碱基对组成的 DNA 链，连接部为 60 个碱基对。这 200 个碱基对（长 68nm ）卷在 10nm 的核体上，长度压缩到原来的约 $1/7$ 。

② 螺线管模型 螺线管模型解释了核体的再折叠情况。6 个核体作为一个螺线管的外径，一环一环的延伸而成螺线管。螺线管外径约 30nm ，由于一周由 6 个核体组成，故 DNA 的长度又压缩到了 $1/6$ 。

③ 超螺线管模型 螺线管再次盘曲形成较粗的超螺线管，长度又压缩到 $1/40$ 。

④ 染色单体 在分裂期经染色所见到的染色单体，推测是由经过折叠而形成。

从 DNA 的压缩率看，4 级折叠较接近实际情况，人体细胞中长达 2.2m 的染色质，在组蛋白的参与下，经过 4 次折叠。容纳在直径 10 μ m 的细胞核中，形成了可用于细胞学研究的染色体结构。

(三) 细胞器

在细胞膜内细胞核之外，分布于胶体物质中的多种结构称为细胞器。细胞器是有序的生理活动的场所。

1. 内质网 内质网是分布于细胞内的膜性管道系统，常见于活动的细胞中。依据是否附着核糖核蛋白体，可将其分为粗面型和滑面型(颗粒型或光滑型)。

粗面型内质网常出现在蛋白质合成旺盛的细胞中，与蛋白质的合成和运输相关。

滑面型内质网参与糖原、脂类、固醇类激素的合成与分解，以及对毒物的分解。如苯巴比妥等致畸性物质进入体内，肝脏内光滑型内质网剧增，相应的分解酶增多，促进毒物分解。在具有强烈分泌功能的组织和细胞(如胰腺、胆腺及小肠上皮细胞)中均可见发达的滑面型内质网。在肝脏、肾上腺皮质、卵巢黄体细胞、睾丸间质细胞中内质网的含量均高，应与分泌功能有关。

内质网与其他细胞器关系十分密切。内质网外连细胞膜，内与核膜相连，其结构与高尔基复合体相似，就功能与发生而言，可能与高尔基复合体同源。

2. 高尔基复合体 高尔基复合体是以其发现者、意大利神经解剖学家、诺贝尔生理学和医学奖获得者 Camillo Golgi 命名的

高尔基复合体广泛分布于植物和动物细胞中，常位于细胞膜一侧的细胞质内，在上皮细胞，特别是分泌细胞和吸收细胞中较多，并具有明显的极性。电镜下的高尔基复合体是由单位膜构成，可分为三个组成部分：扁平囊、小囊泡和大囊泡。

研究表明，高尔基复合体与细胞分泌功能有关，它不仅具有分泌物的储存、浓缩、加工、转运和排出细胞的作用，而且也参与糖原的合成。此外，溶酶体膜是由高尔基复合体形成的，并具有膜的转变功能。