



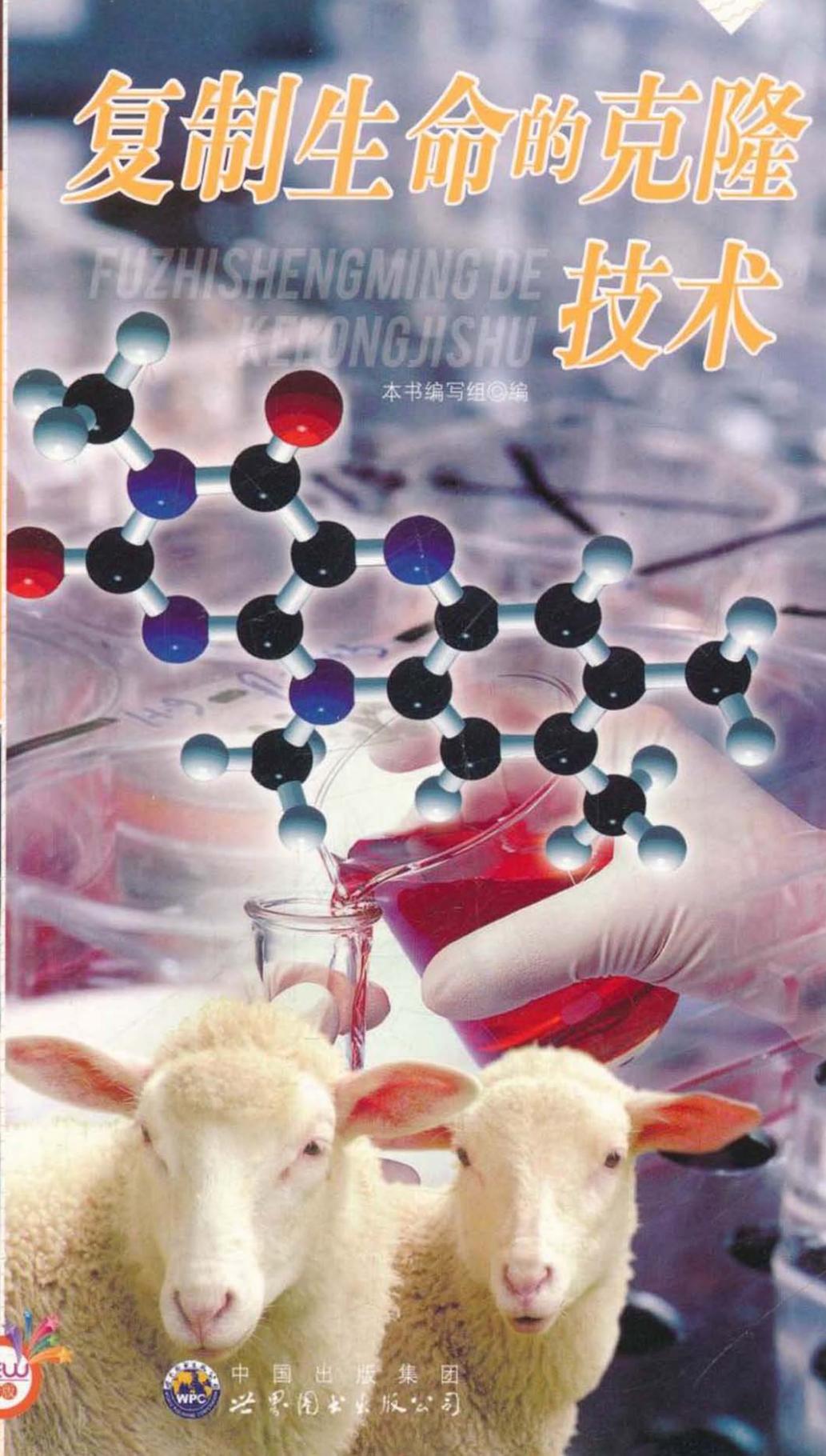
新世纪科学探索
宝库丛书

复制生命的克隆

FUZHISHENGMING DE
KELONGJISHU 技术

本书编写组◎编

EXPLORATION
XINSHIJI KEXUE
TAISUO BAOKU CONGSHU



中国出版集团
世界图书出版公司

复制生命的克隆技术

本书编写组 编

世界图书出版公司
广州·上海·西安·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

复制生命的克隆技术 / 《复制生命的克隆技术》编写组编. — 广州 : 广东世界图书出版公司, 2010. 4
ISBN 978 - 7 - 5100 - 2006 - 3

I. ①复… II. ①复… III. ①无性系 - 遗传工程 - 青少年读物 IV. ①Q785 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 049880 号

复制生命的克隆技术

责任编辑: 王晓文 柯绵丽

责任技编: 刘上锦 余坤泽

出版发行: 广东世界图书出版公司

(广州市新港西路大江冲 25 号 邮编: 510300)

电 话: (020) 84451969 84453623

http: //www. gdst. com. cn

E-mail: pub@gdst.com.cn, edksy@sina.com

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京燕旭开拓印务有限公司

(北京市昌平马池口镇 邮编: 102200)

版 次: 2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 13

书 号: ISBN 978 - 7 - 5100 - 2006 - 3/G · 0641

定 价: 25.80 元

若因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系退换。



前 言

古往今来，世间的万物一直遵循着生老病死这一规律，重复着生命的更迭。物竞天择，适者生存。大自然毫不留情地履行着自己的职责，而作为世界主宰的人类也在积极地与自然相处。

科学的发展给人类的梦想插上了翅膀。在全世界和平与发展的大环境下，生物技术的发展突飞猛进。基因重组、基因治疗、无性繁殖、人工授精、体外孕育、胚胎移植和器官移植等，使我们的生活更加丰富多彩。如今，你可能想不到，当你去市场买菜时，也许在你挑选的蔬菜之中就有转基因蔬菜；当你领孩子去动物园时，可能你看到的动物中就有克隆动物；在你身边走过的人，可能就是那个“试管婴儿”……这时，你会猛然发现，原来高科技就一直在你身边。

当克隆羊之父宣布多莉诞生这一消息时，世界回报他的是一盆冷水。国际社会对克隆绵羊所表示的强烈反应，使得从事生命科学研究的科学家们感到困惑不解。维尔穆特本人也始料未及，他说，人们对于这项技术可能带来的后果的种种猜测使他非常沮丧。维尔穆特不得不忙于接受英国上下两院听证会的质询，并逢人就表白他自己不准备克隆人。这种结果实在令生命科学家难堪，他们最初的目的是善良的，是为了探索自然奥秘，追求知识和真理，提高人们的认识能力，从而为人类的健康和发展服务。他们投入时间和精力，付出劳动和艰辛才取得了科学上的突破和进展，理应得到社会的肯定和赞许。可是现实却是，尽管人们承认维尔穆特在生物



学方面取得了重大突破，却没有给予他以相应的肯定和鼓励，反而报以削减其经费和如临大敌般的惊恐。这无疑是对科学工作者的一个打击，使他们自问：科学的目的何在，为什么难以得到理解？

那么，究竟什么是克隆人呢？我们知道在神话故事中，孙悟空拔根毫毛一吹会变成无数个孙悟空，而今神话将成为现实。当有一天，你面对和自己一模一样的克隆人时，你会是什么感觉？高兴？惊喜？还是恐惧……“克隆人”，他既非我们的父母，又非我们的兄弟姐妹。他只是人类的一个复制模本，他是一个孤立的存在。或许你要问，那“克隆人”怎么生活啊，那社会岂不是乱了套？这也是人们对克隆人坚决反对的原因之一。的确，克隆人打破了人类的遗传规律，也给人类社会带来了茫然。

2 生物技术是迄今为止非常强大的技术，借助于它的发展，人类攻克了一个又一个科技难题：人类可以培育更加优良的畜种，可以生产人的胚胎干细胞用于细胞和组织替代疗法，可以复制濒危的动物物种，保存和传播动物物种资源等等。但是如果使用不当，它有可能会给人类带来前所未有的危害。例如，人们在使用生物技术手段改造生物时，并不总能把握住它的发展方向，而且生物工程产品具有生物的特征，可以繁殖和迁移。一旦流入自然界，进入生态系统，将不再可能收回。况且生物技术的研究对象是包括人在内的生物，利用的手段是生物工程改造，结果是不可逆地改变某些基因，或是创造出一个全新的物种或个体。除对生物的直接影响外，对人类的道德伦理观念也是一个冲击。所以，动用这样一个具有巨大破坏力的技术手段应该慎而又慎，应该规范研究行为，把科研活动纳入一个有序的轨道。

走进本书，让我们一起详细地了解克隆的奥秘，知道什么是克隆技术，克隆技术带给我们的利与弊，克隆人的是是非非以及我们应该怎样对待。

科学的发展既依赖于对科学问题的探索，也得益于人们美好的向往。神奇的克隆正向人类展示它诱人的前景……



目 录

Contents

生命复制的信息		“多莉”的诞生历程	72
生命的单元——细胞	1	“多莉”的意义和引起的	
生命复制的基础——DNA	13	反响	76
生命复制的单位——基因	20	“多莉”之死	82
生命复制的法则——遗传		克隆之父——施佩曼	86
规律	32	多莉之父——维尔穆特	87
基因工程		克隆与孪生的区别	89
什么是基因工程	35	试管婴儿是克隆吗	93
基因工程操作的工具	38	克隆技术引发的社会问题	98
基因工程的基本操作步骤	39	人的克隆——自我复制	99
各国的基因研究	42	克隆技术对伦理学的危害	101
转基因技术	43	克隆技术在中国	
神奇基因工程分析术	50	童第周的怪鱼	103
基因工程与环境保护	51	没有外祖父的癞蛤蟆	106
基因工程与医药卫生	53	高价克隆牛	107
基因工程的危害	57	小白鼠长人耳	108
基因工程的前景	59	转基因兔	110
基因工程大事记	65	转基因山羊	111
克隆技术冲击波		转基因鱼	113
什么是克隆技术	67	新时期中国的克隆成果	114
克隆技术的发现之旅	68		



多姿多彩的克隆技术		“克隆人”是什么	162
人工受精与胚胎移植	119	到底如何克隆人	163
动物细胞核移植	123	支持克隆人的观点	166
胚胎分割	125	希望克隆自己的人	167
胚胎嵌合技术	126	反对克隆人的呼声	168
核移植的几项成果	127	各国政府的态度	170
雌核生殖技术	128	平民百姓对克隆的态度	171
植物无性繁殖	131	科学技术是双刃剑	172
试管育苗	132	科学家对克隆的态度	174
克隆技术造福于人类		与“孟德尔定律”相违背的	
单克隆抗体技术	134	克隆人	175
干细胞的研究	139	克隆人打破了传统的家庭	
未来的制药厂	142	观念	176
克隆技术与濒危生物保护	143	克隆完全相同的人永无	
克隆技术与人的器官移植	145	可能	177
克隆技术服务农业	146	克隆技术的真正危险	180
克隆技术能实现人类哪些		克隆人：生命伦理禁区	182
梦想	149	理性对待克隆人	186
克隆对生物多样性的影响	150	如何对待克隆技术	
动物克隆技术促进畜牧业		在茫然的舆论面前	189
发展	151	科学需要理解	192
克隆技术打破种间隔离	153	科学有待规范	195
克隆人的是是非非		约束自我，尊重人类	199
“克隆人”的前奏曲	155	中国克隆大事记	200
可怖的艺术世界	159	世界克隆大事记	201



生命复制的信息

生命的单元——细胞

1

什么是细胞

在古代，人们知道怎样进行栽培、育种、嫁接和杂交，却并不知道为什么要这么做。这其中的奥秘是现代生物科学家才给我们揭示出来的。现在我们知道，生命的基本单位是细胞，栽培、育种、嫁接和杂交实际上是细胞及细胞构成的组织在发挥作用。一个小小的细胞，诞生、发育、繁殖、分裂，使得育种和杂交成为可能。成千上万个细胞构成的生物组织“军团”，使得栽培和嫁接成为可能。归根结底，还是因为细胞本身就具有生命的全部复制功能。

细胞是生命的基本单位，所有的生命形式，基本上都是以细胞为基础的。生命要延续，不管是有性生殖，还是无性生殖，归根结底，都是小小的细胞在不停地“吃喝拉撒”，在不停地复制自己。因为细胞本身就具有生命的全部复制功能，因此现代生物学家要进行“克隆”，就要对细胞进行“手术”。

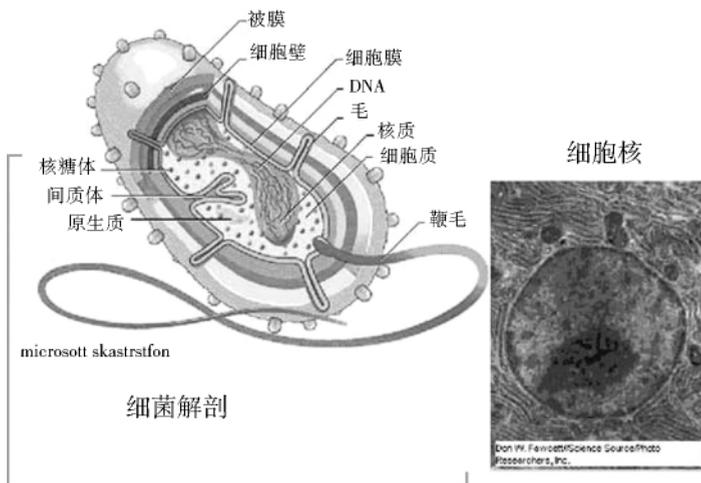
生命始于细胞，所有的生命活动只有在细胞结构中才能实现。但细胞的发现经历了一个漫长的过程。17世纪60年代，胡克发现了孕育生命的



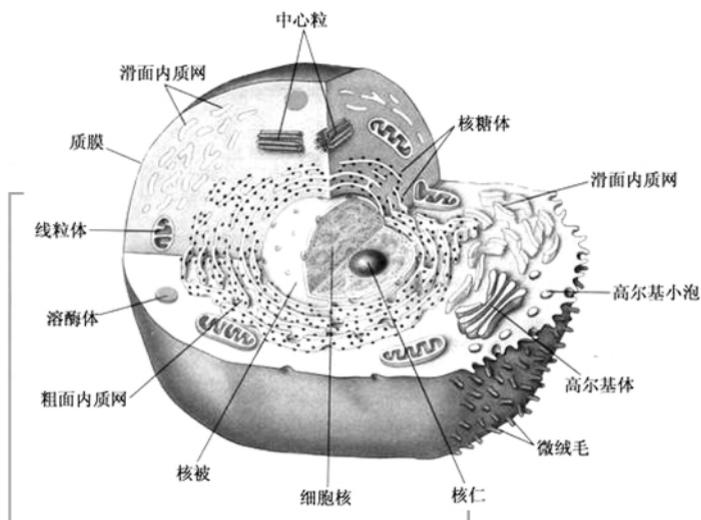
细胞；19 世纪 30 年代，施旺和施莱登创立了伟大的细胞学说，他们把生命的奥秘和生命的本身浓缩到了一个微观境界，实现了生命科学的第一次统一。生命宝盒的开启，使人们认识到小小的细胞如同人类社会一样，是一个奇妙的大千世界，是由膜包裹着的生物大分子体系的精细结构。让我们走进细胞的王国，去探寻奥秘吧！

细胞的构成

从整体上看，细胞分原核细胞和真核细胞两大类。从原生动植物到人类，从低等植物到高等植物，绝大多数动植物都是由真核细胞构成的。真核细胞里具有真正的细胞核。细菌、蓝藻属于原核细胞生物，它们的结构简单，种类不一。原核细胞的外部由细胞膜包围着，内部脱氧核糖核酸（DNA）的区域没有被膜包围，只有一条 DNA。这就是说，它没有一个像样的细胞核，原核细胞因此而得名。在先进的高倍显微镜下，可以清晰地观察到真核细胞的内部结构。以植物细胞为例，细胞的外面有细胞壁，细胞与细胞之间有一层胶状物，把两个细胞壁紧紧地黏合在一起；在相邻两个细胞细胞壁之间有胞间连丝，使细胞之间彼此互通；细胞内有细胞质和细胞核，细胞质内有线粒体、质体、内质网、高尔基体和液泡等内含物，还有丝状和管状结构，类似



原核细胞



真核细胞图

细胞的肌肉和骨架；细胞核内有核膜，使核与细胞质分开，还有染色质和核仁；细胞的表面由一层质膜包裹，控制着细胞内外物质的运输。

细胞表面的那层质膜叫做细胞膜，又称质膜。细胞膜是一个有序的、动态的、开放的、具有选择性和渗透性的结构，它不仅是生命结构与非生命结构的边界，也是细胞内许多独立结构的边界。在显微镜下，细胞膜的结构变化多端，有的向内折叠成手指状，有的向外凸出形成月牙状。植物细胞的细胞膜外还有细胞壁，其主要成分是纤维素，具有支持和保护植物细胞的功能。

细胞的中枢是细胞核，它是遗传信息储存、复制和转录的场所。细胞核包括核膜、染色质和核仁等部分。核膜是包在核外的双层膜，外膜可延伸与细胞质中的内质网相连。一些蛋白质和 RNA 分子可通过核膜或核膜上的核孔进入或输出细胞核。染色质是细胞核中由 DNA 和蛋白质组成并可被苏木精等染料染色的物质，染色质 DNA 含有大量的基因片段，是生命的遗传物质，因此，细胞核是细胞的控制中心。核仁是细胞核中的颗粒状结构，富含蛋白质和 RNA，是核糖体的装配场所。在细胞核中，染色质和核仁都被液态的核质所包围。



细胞质是细胞膜内的透明黏稠并可流动的物质，各种各样的细胞器就分布在细胞质中。细胞器主要包括线粒体、内质网、高尔基体、溶酶体、质体等，其中线粒体和质体是较大的细胞器。另外，细胞质中还有由微管、肌动蛋白和中间丝构成的细胞骨架。有些细胞表面还有鞭毛和纤毛，可帮助细胞自主运动。这些细胞器相互关联，相互补充，协同作用，共同执行生命功能。

4 各类细胞器的膜（如内质网膜、内囊体膜等）、核膜和质膜在分子结构上基本相同，它们统称为生物膜。大多数生物膜的厚度只有7~8纳米，主要是由磷脂类组成的双分子层，脂双层中还以各种方式镶嵌着具有重要功能的蛋白质分子，如受体。脂双层中的磷脂分子亲水的“头”（磷酸的一端）向着外侧，磷脂分子疏水的“尾”（脂肪酸的一端）向着内侧。根据脂双层中脂类分子和蛋白质分子可以横向移动的发现，生物学家辛格在1972年提出了生物膜的流动镶嵌模型。

生物膜是支持细胞正常生命活动的最基本的结构，它使各个细胞器组成生命活动的统一体。内质网是合成膜的主要部位，大多数磷脂和胆固醇都是在此合成，许多膜蛋白也在这里合成。它们通过内质网表面时，将内质网膜包裹在自己身上，然后像乘车旅行那样，到达高尔基体，并成了高尔基体的一部分。在高尔基体内，蛋白质进行再加工后，或到溶酶体内或被运输到质膜与其他结构中。这样，通过膜的流动（又称膜流）就实现了物质的运输更新，膜也随之不断得到再生和流转。

生命起源于细胞。在漫长的生命演化过程中，为适应不同需要出现了各种各样的细胞。如传导冲动的神经细胞、自律跳动的心肌细胞、携带氧气的红细胞、提供能量的肌肉细胞、吞噬病菌的白细胞，等等。细胞直径一般为10~30微米，但体积大的细胞，人的肉眼就可以看见，如鸟类的蛋最大的直径达10厘米，章鱼的神经细胞有几米长；最小的细胞直径不到1微米，如支原体只有0.1~0.3微米，原始细菌也要用高倍显微镜才能看清楚。细胞的大小，即使在同一生命体的相同组织中也不一样。同一个细胞在不同发育阶段，它的大小也会改变。



细胞的形状多种多样，有球体、多面体、纺锤体和柱状体等。由于细胞内在的结构和自身表面张力以及外部的机械压力，各种细胞总是保持自己的一定形状。细胞的形状和功能之间有密切关系。例如，神经细胞会伸长几米，这是因为伸长的神经细胞有利于传导外界的刺激信息；高大的树木之所以能郁郁葱葱，是因为植物内的导管、筛管细胞是管状的，有利于水分和营养的运输。

奇妙的细胞社会

我们知道，细胞是生命的最基本的结构单位。虽然每个细胞都可以独立地生活，但多数生命体是由多细胞组成的，即使某些单细胞的病菌也常常形成一个群体。因此，细胞多数是生活在群体环境中的。细胞在群体之间互相分工、互相协作、互相制约，共同构成了奇妙的大千世界——细胞社会。

在细胞社会中，数以万计的细胞要建立确定的关系：首先细胞间要能互相识别；其次细胞间要形成固定的连接；最后在识别和连接的基础上，细胞之间、细胞与个体之间要能相互进行信息交流。只有这样，一个基本的细胞社会才能形成。

细胞之间能够互相识别，是维尔森在1907年的海绵实验中证实的。海绵是最简单的多细胞动物，仅由5~6种细胞组成，用机械方法就可将海绵体游离成单个细胞。当维尔森把颜色不同的两种海绵细胞混合时，游离的单细胞会迅速重聚成团，结果每个聚合体只含一种颜色的细胞。维尔森发现，这种细胞间的互相识别特征在其他的物种上也表现得非常明显。如将鸟类或哺乳类动物的肝脏细胞分散，重聚时同物种的细胞也会迅速相聚；植物花粉与柱头的识别，只有同种花粉才会萌芽；精子和卵子的识别，也只有同物种才能受精……

可见，细胞间的识别是普遍存在的，并有物种、器官和发育过程的特异性。细胞之间的特异识别的分子基础是细胞表面的糖复合物，即黏附在细胞表面的跨膜糖蛋白分子。该分子的大部分在胞外，且常有糖链；胞质



部分一般较小，具有信号传递或信号放大的作用。

经过识别后形成的稳定的细胞聚合，为形成细胞连接提供了条件。细胞连接是指多细胞有机体中相邻细胞之间，通过细胞质膜相互联系和协同作用的重要组织方式。根据不同的组织功能，细胞之间发展出相应的连接方式，如封闭连接、间隙连接、锚定连接等。

封闭连接是存在于小肠上皮细胞或脂肪细胞中的一种连接方式，又叫紧密连接。它形成的封闭连接结构可以起到封闭隔离的作用，保护内部组织不受侵害，同时将相邻细胞间的上皮组织联合成一个整体，阻止了可溶性物质从上皮细胞一侧向另一侧扩散。间隙连接是存在于肝细胞中的一种连接方式。它是通过一排坚硬而空心的圆筒形结构蛋白将细胞连接起来，并且圆筒的两端插入相邻的细胞中，这样就在 2~3 纳米的细胞间隙建立了一个中空过道，相邻的两个细胞正是依赖这一结构进行离子和小分子的交换。锚定连接是存在于上皮组织、心肌组织等结构中的一种连接方式。

在相互识别和形成连接的基础上，通过直接通讯或连接通讯、神经传导和激素信号等方式，细胞之间就可以进行通讯了。多细胞生物细胞间的通讯，对于多细胞生命体的诞生和组织构建、协调细胞功能、控制细胞分裂和生长是必须的。今天，细胞之间、细胞与个体之间的信息通讯，已经成为生命科学领域的一个研究热点。

细胞的化学成分

细胞中的化学成分是极其复杂和繁多的，需要利用现代生物化学知识和技术进行分析研究。而正是这些复杂繁多的化学成分，构成了生命存在和新陈代谢的物质基础。生物化学是以研究生命的物质基础和阐明生命的物质代谢为主要目的的科学，直接涉及生命的本质问题。

早在 19 世纪下半叶，伟大的革命导师恩格斯就在生命的定义中指出：“生命是蛋白体的存在方式，这个存在方式的基本因素在于和它周围的外部自然界的不断地新陈代谢，而且这种新陈代谢一停止，生命就随之停止，结果便是蛋白质的分解。”恩格斯对生命定义在一定程度上揭示了生命的物

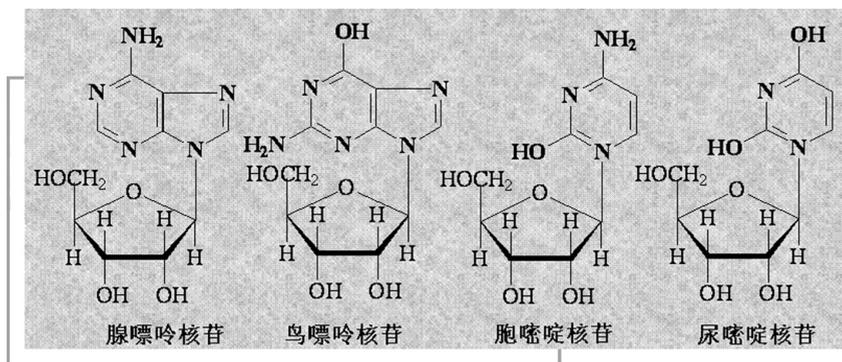


质基础，即具有新陈代谢功能的蛋白体。

进入 20 世纪，人类对生命的认识迅速发展。1953 年遗传物质 DNA 双螺旋结构的发现，开创了从分子水平研究生命活动的新纪元。此后，遗传信息由 DNA（脱氧核糖核酸）通过 RNA（核糖核酸）传向蛋白质中心法则的确立、遗传密码的相继破译、蛋白质的人工合成等一系列重大研究成果表明：核酸（DNA 与 RNA）和蛋白质是生命的最基本物质，蛋白质是一切生命活动调节控制的主要承担者，生命活动在酶的催化作用下进行，几乎所有酶的化学本质是蛋白质。从而揭示了核酸、蛋白质、酶等生命大分子的结构、功能和相互关系，为研究生命现象的本质和活动规律奠定了理论基础。

核酸——生命的本源物质。核酸是细胞的核心物质，是细胞里最重要的生命大分子之一。核酸呈酸性，最初是从细胞核中发现的，所以称为核酸。地球上的所有生命体中都含有核酸，它是支配生命从诞生到死亡的根源物质，主宰着细胞的新陈代谢，储存着生命的全部遗传信息。因此，核酸被现代科学家誉为生命之本。

根据核酸中所含戊糖的不同，可将核酸分成脱氧核糖核酸（DNA）和核糖核酸（RNA）两类，它们都是由许多顺序排列的核苷酸组成的大分子。每一个核苷酸含有一个戊糖（核糖或脱氧核糖）分子、一个磷酸分子和一个含氮的有机碱（碱基）。这些有机碱分为两类，一类是嘌呤，是双环分



核酸结构图

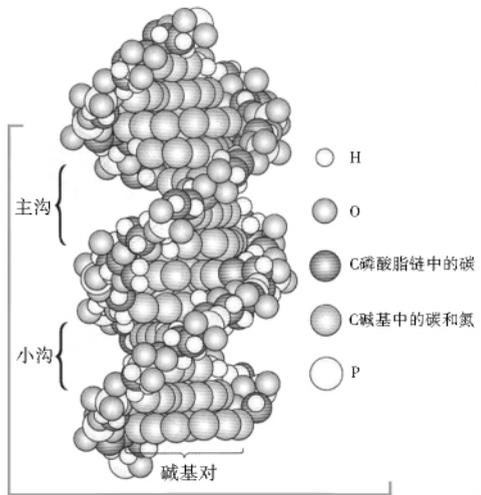


子；一类是嘧啶，是单环分子。嘌呤包括腺嘌呤（A）和鸟嘌呤（G）2种；嘧啶有胸腺嘧啶（T）、胞嘧啶（C）和尿嘧啶（U）3种。DNA的碱基是A、T、C、G，RNA的碱基是A、U、G、C。脱氧核糖或核糖上第一位碳原子与嘌呤或嘧啶结合，就成为脱氧核苷或核苷，第三位或第五位碳原子再与磷酸结合，就成为脱氧核糖核苷酸或核糖核苷酸。多个核糖核苷酸以磷酸顺序相连成长链的多核苷酸分子，就成了核酸的基本结构。

根据DNA晶体X射线衍射的结果分析，沃森和克里克划时代地提出了DNA双螺旋结构模型。DNA分子是由两条反向平行的多核苷酸长链组成的双螺旋链，链的主体是糖基和磷酸基，以磷酸二酯键相连接而成，与糖基以糖苷键相连的嘌呤、嘧啶碱基位于螺旋中间，碱基平面与螺旋轴相垂直，两条链的对应碱基之间，呈A：T、G：C配对关系。DNA螺旋的直径是2.0纳米，螺距为3.4纳米，每个螺距中包含10个碱基对，相邻两个碱基对平面之间的垂直距离为0.34纳米。

在双螺旋结构的基础上，DNA大分子进一步折叠盘旋，可以形成染色质和染色体。在真核细胞中，每一个染色体就含有一个DNA双链分子，细胞核中有几对染色体就有几对双链DNA分子。通过DNA分子复制，可以将遗传信息准确地由上代传递至下代。在某些病毒中，DNA也可以是单链的结构，但在质粒中DNA是环状的。

DNA双螺旋结构中，A、T配对碱基之间形成2个氢键，G、C配对碱基之间形成3个氢键，因此DNA分子非常稳定。但在加热等物理、化学条件下，稳定的核酸大分子高级结构的非共价键也会被破坏，导致DNA双螺旋被拆开，成为两条单链，这就是核酸分子的变性。在变性因素



DNA 结构

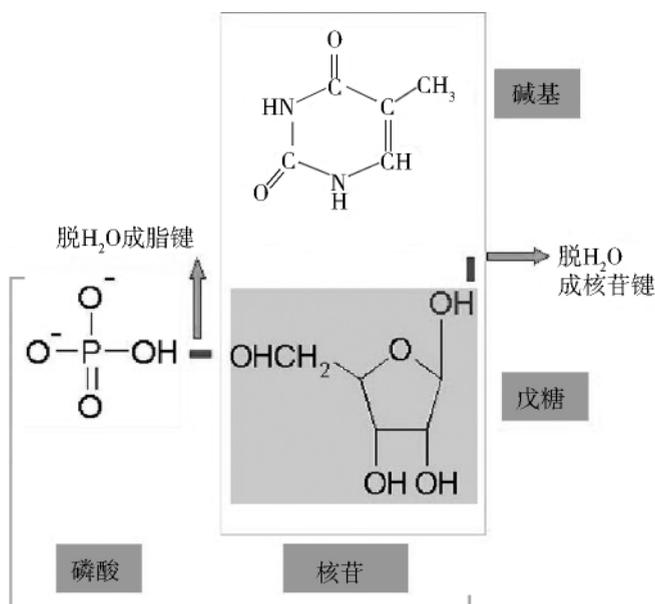


除去后，DNA 分子可以慢慢恢复双螺旋结构，称为复性。在复性过程中碱基仍然会严格配对。

与 DNA 分子显著不同的是，RNA 分子是单链存在的。细胞内的 RNA 大分子主要有三种类型，一是信使 RNA (mRNA)，负责把 DNA 分子中的遗传信息转译为蛋白质分子中的氨基酸序列；二是转运 RNA (tRNA)，在蛋白质合成过程中起着搬运单个氨基酸的作用；三是核糖体 RNA (rRNA)，它与蛋白质组成核糖体以提供蛋白质的合成场所。三种 RNA 互相配合，共同完成把 DNA 分子中的遗传信息表达为一定的蛋白质结构。

RNA 通常只有一条多核苷酸链，但单链的局部区域可能形成配对结构，如 tRNA 分子中出现三个主要的配对区段，形成三叶草型结构。tRNA 分子还能再进一步扭转折叠，形成一个类似倒写的大写“L”字的样子。除某些 RNA 病毒是以 RNA 为模板合成 RNA 外，生命体内的 RNA 一般都是以 DNA 为模板合成的。科学研究表明，RNA 还有像酶一样的催化作用。

一直以来，人们都认为 DNA 是演绎生命的重要角色，而 RNA 只是前者



三叶草型结构



的配角，作用不那么大。然而事实并非如此。近年的众多发现都表明，一些长度较短的所谓小核糖核酸，能够对细胞和基因的很多行为进行控制，比如打开、关闭多种基因，删除掉一些不需要的 DNA 片段等。其中最令人兴奋的发现是，小核糖核酸在细胞分裂过程中也能发挥重要控制作用，可指导染色体中的物质形成正确的结构。这些发现有望为科学家提供操作干细胞的新工具，以及用于探索治疗癌症等由于基因组错误所致疾病的新方法。

在人们发现核酸以前，曾认为蛋白质是生命的基础。后来才知道，核酸是生命的本源营养素，控制着蛋白质的合成，决定着蛋白质的性质。DNA 是蛋白质合成的设计师，RNA 是蛋白质合成的制造者，就像盖房子一样，DNA 是房子的设计师，RNA 是房子的建筑师。我国著名生物遗传学家谈家桢院士指出：“更本质的生命物质是核酸，而不是蛋白质。”100 多年来，全世界已有 69 位科学家因从事核酸及其相关研究而荣获诺贝尔奖，他们的研究成果更加充分地表明，核酸是创造生命并支配生命体从诞生到死亡的本源物质。

蛋白质——生命功能的执行者。蛋白质在生物界是普遍存在的，是生命体的重要结构成分和营养成分。所有生命现象都与蛋白质有着直接或间接的关系，即使像病毒、类病毒那样以核酸为主体的生物，也必在其寄生的活细胞蛋白的作用下才有生命现象。可以说，正是在蛋白质和核酸两者的互相依赖、互相作用下，使生命成为一个统一体。

蛋白质是一类种类繁多的含氮生物高分子，其基本组成单位是氨基酸。构成蛋白质的氨基酸只有 20 种，其中有 8 种是人体内无法合成的，需要从食物中摄取。蛋白质可以分为两大类，一类是简单蛋白质，它们的分子只由氨基酸组成，如核糖核酸、胰岛素等；另一类是结合蛋白质，它们的分子由氨基酸和部分非蛋白质部分组成，结构相当复杂，如血红蛋白、核蛋白等。

作为组成蛋白质的基本单位，氨基酸的共同特点在于，在与羧基相连的碳原子上都有一个氨基，另一个 R 基。不同氨基酸其 R 基各不相同。一