

钱俊生 孔伟 卢大振

生命是什么

——人类基因组计划及其对社会的影响

中共中央党校出版社
·北 京·

责任编辑 曲 炜
封面设计 孙超英
版式设计 尉红民
责任校对 王巧艳 王京京

图书在版编目 (CIP) 数据

生命是什么：人类基因组计划及其对社会的影响/钱俊生，孔伟，卢大振著. —北京：中共中央党校出版社，2000.12

ISBN 7-5035-2202-X

I. 生… II. ①钱…②孔…③卢… III. 基因-遗传工程-社会影响-研究 IV. Q78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 54765 号

中共中央党校出版社出版发行

(北京市海淀区大有庄 100 号)

中共中央党校印刷厂印刷 新华书店经销

2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷

开本：880 毫米×1230 毫米 A5 印张：9.75

字数：267 千字 印数：1—5000 册

定价：21.50 元

目 录

前 言	(1)
第一章 生命的密码——人类的基因	(1)
第一节 生命的基本单元：细胞	(1)
一 细胞结构	(2)
二 细胞中的化学成分	(7)
第二节 生命的复制载体：染色体	(14)
一 细胞核里的奥秘	(15)
二 决定男女性别	(18)
三 染色体的结构突变	(20)
四 染色体的数目突变	(23)
第三节 生命的复制基础：DNA	(27)
一 用DNA证明生命	(29)
二 DNA的结构与组成	(32)
第四节 生命复制单位：基因	(38)
一 遗传的基本单位	(38)
二 基因的位置	(42)

✧ 生命是什么

——人类基因组计划及其对社会的影响

三	基因怎样控制遗传	(45)
四	基因突变	(49)
第五节	生命复制过程：DNA 的复制、转录与翻译	(52)
一	DNA 的复制	(52)
二	DNA 的转录	(54)
三	DNA 的翻译	(58)
四	遗传信息流的中心法则	(60)
第六节	生命复制密码：遗传密码	(62)
一	“三联码”还是“四联码”	(63)
二	破译遗传密码	(65)
三	遗传密码发生错误	(70)
第二章	开启生命之门——人类基因组计划	(72)
第一节	一项震惊全世界的科学计划	(72)
第二节	解读生命的密码	(76)
第三节	一项“高投入”的计划	(79)
第四节	绘制生命的图谱	(85)
一	遗传图谱	(85)
二	物理图谱	(95)
三	转录图谱	(99)
四	序列图谱	(105)
第五节	决战基因组内幕	(107)
第六节	中国测序工作背后的支持	(111)
第三章	基因工程引发的革命	(113)
第一节	田野上的奇迹——基因工程与农业	(113)
一	抗病虫害的农作物	(115)
二	与杂草“不共戴天”的农作物	(120)

三 生性泼辣的农作物·····	(122)
四 比甘蔗还甜的莴笋·····	(125)
五 含有疫苗的香蕉·····	(127)
六 “光”彩奕奕的植物·····	(129)
七 秀外慧中的植物·····	(130)
第二节 转基因动物——基因工程与畜牧业·····	(133)
一 基因工程育种：高产优质·····	(133)
二 转基因动物：身手不凡·····	(137)
三 基因工程疫苗：仙丹妙药·····	(144)
四 人心猪肺：妙手造物·····	(145)
五 餐桌上的美味：三倍体鱼·····	(148)
第三节 人类的福音——基因工程与医疗·····	(150)
一 基因时代：战胜疾病·····	(151)
二 基因诊断：火眼金睛·····	(156)
三 基因治疗：妙手回春·····	(159)
四 基因制药：前途无量·····	(163)
五 人造血液：救死扶伤·····	(166)
第四章 新经济的支点——基因经济学·····	(170)
第一节 基因经济蓄势待发·····	(171)
一 基因经济会成为 21 世纪的主角吗·····	(171)
二 基因经济竞争激烈·····	(172)
三 私商反应迅速·····	(174)
四 美欧日企业展开“基因战”·····	(175)
第二节 基因研究的私商大腕·····	(177)
一 塞莱拉：基因研究的先行者·····	(177)
二 没有免费的午餐·····	(178)
三 “奸商”惦记基因组·····	(179)

✿ 生命是什么

——人类基因组计划及其对社会的影响

第三节 基因争夺：利益是最大的诱因·····	(180)
一 巨额利润——基因抢夺战的根源·····	(181)
二 专利，抑或共享·····	(183)
第四节 走向未来：基因经济前景广阔·····	(187)
一 未来农业：基因技术开辟新天地·····	(187)
二 未来医学：基因组奠定基础·····	(189)
三 DNA 鉴定显神奇·····	(191)
第五章 生命的尊严——密码的破译及其	
社会影响 ·····	(193)
第一节 恐惧在可能性之中——基因引发的问题·····	(193)
一 一份颇有预见性的声明·····	(194)
二 “基因殖民主义”——一种新的掠夺·····	(198)
三 研究本身的歧途与困境·····	(200)
第二节 震荡中的社会生活·····	(216)
一 基因武器：天使与魔鬼的较量·····	(216)
二 基因隐私与歧视·····	(221)
三 对梦想的重新审视·····	(224)
第三节 自然与文明的界限·····	(226)
第六章 中国人的贡献 ·····	(233)
第一节 加盟人类基因组计划·····	(233)
一 我国生物技术发展回顾·····	(235)
二 已有的遗传学技术支持·····	(237)
三 艰辛的测序历程·····	(242)
第二节 1%昭示了什么·····	(244)
一 扬眉吐气的1%·····	(244)
二 1%之外的成就·····	(247)

第三节 聚焦袁隆平.....	(249)
一 袁隆平与他的三个战略.....	(251)
二 筹建“国家杂交水稻工程技术研究中心”.....	(253)
三 选育“超级杂交稻”.....	(254)
四 “袁隆平”的价值.....	(256)
第四节 开拓中国的基因研究事业.....	(259)
一 中国生物资源基因组计划.....	(260)
二 我国的人类功能基因研究.....	(262)
三 高科技的产业化之路.....	(265)
四 后基因时代的中国战略.....	(269)
附录：“人类基因组”相关名词解释.....	(273)
主要参考书.....	(296)

前 言

在过去的一百年中，人类对于自身的认识与了解空前深入。而这一切又集中反映在 2000 年 6 月 26 日由美国、英国、日本、德国、法国和中国政府同时宣布的人类基因组测序草图的完成之时，它标志着人类在对自身的认识方面前进了一大步。那么，什么是人类基因组计划？它的完成有什么重要意义呢？

生物学原理告诉我们，基因是染色体上的 DNA 双螺旋链的一段，它由四种碱基通过不同的排列组合而成，并在特定的条件下表达遗传信息和表现特定功能，是生物性状遗传的基本功能单位。基因组指合成具有生物功能的蛋白质多肽链或 RNA 所必须的全部 DNA 序列。按其功能可大致区分为结构基因、功能基因、调节基因、编码基因和运输基因。生物种内个体的差异则是基因组中基因结构表达的差异，而种间的差异则是基因组中基因序列排列之不同所致。人类基因组指合成人体蛋白质多肽链或 RNA 所必须的全部 DNA 序列，包含大约 10 万个基因，这些基因的大小可以有上百倍的差别，平均长度约为 1000~1500

碱基对。人类遗传物质是 DNA，它的总和就是基因组，由大约 30 亿碱基对组成，分布在 23 对染色体的双链 DNA 分子和环状的线粒体 DNA 分子上，但基因的碱基对数仅占这些 DNA 链总长度的 2%~5%，其余的序列为基因之间未知其功能的序列和基因内编码序列以及各种重复的序列。

基因组测序，就是确定 DNA 双股链上每个独立结构单元或碱基的确切顺序的过程。测序经常被称为“破译”，因为其结果就像解码一样。解码结果包含数百页和成千上万行 4 种字母的序列，这些字母表示 4 种不同的碱基，它们是腺嘌呤、鸟嘌呤、胞嘧啶和胸腺嘧啶，分别用它们的首字母 A、T、C、G 表示，其排列顺序中蕴藏着各种各样的遗传信息和生命指令。

人类基因组计划的最早建议者是美国科学家希梅尔，他于 1985 年首先在一次会议上提出。接着辛杜尔拜克于 1986 年在美国《科学》杂志上发表了一个题为《癌症研究的转折点——测定人类基因序列》的短文，建议制定以阐明人类基因全部序列为目标的人类基因组计划，以便从整体上破译人类遗传信息，使得人类能够在分子水平上全面地认识自我。

这一计划的直接背景是辐射对基因的伤害和癌症对人类的威胁。作为核技术的主管单位美国能源部是这一计划的发起单位和主要资助者。在当时（1985 年）全球有 760 万恶性肿瘤患者，死于癌症的有 500 万人。辛杜尔拜克在其短文中提出，要想从根本上解决肿瘤的分子遗传问题，需要对人类进行基因组研究。1990 年 10 月美国正式启动了人类基因组计划，美国能源部和国立卫生院联合部署了

《人体基因组作图和测序》的重大科学行动。预计在 15 年内完成的这项计划，由美国政府投资 30 亿美元和各界资助 100 多亿美元。随后欧共体、日本、加拿大、俄罗斯、巴西和印度等国也都提出了类似的计划，由于各国政府和科学家们共同努力，它已是有 15 个国家和欧共体参加的国际性合作项目，还成立了国际人类基因组组织以协调计划的实施。

1993 年 7 月，中国自然科学基金会正式决定，将“中华民族基因若干位点的研究”作为人类基因组计划的一部分列入国家重大项目。在“863”计划和国家自然科学基金的支持下，中国科学家们陆续开展了与人类基因组计划相关的研究。在有关人类基因组的这些扩展研究方面，中国具有自己的一定优势，如我国人口众多，有 56 个民族，并拥有众多的遗传病隔离群和丰富的疾病人群（家系和个体）资源。中国的人类基因组研究已在中华多民族基因组的保存、基因组研究新技术与白血病相关的基因技术的引进和若干位点疾病基因的研究等方面取得了诸多进展。中国科学家于 1999 年 9 月被接纳为国际人类基因组组织的成员，并承担了第三号染色体的全序列测定任务。

人类基因组计划主要包括四项任务：遗传图谱的建立、物理图谱的建立、DNA 顺序的测定和基因识别。预计人类基因组计划完成之后，用“A、G、C、T”四个字写成的这本“天书”将长达数百万页。人类基因组的工作草图已于 2000 年 6 月 26 日宣告完成，并向全世界公布。草图包含了 85% 的基因碱基对排序，详细的全序列基因图将在两年内完成。现在已经开始解读基因图，希望明了每个基因的功能和调控它们的机制，这项研究计划称为

功能基因组计划。由于生物的共同起源，各生物基因碱基序列之间有许多相似之处，简单生物的基因组较人类基因组简单，但能给解读人类基因提供线索。目前已经完成一批模式生物的基因组测序，有利于研究生物的进化过程和确定人类基因的功能。

从遗传学的角度看，所有生命现象的机制，追根究底都会与基因的结构和功能相关，人的记忆与行为、衰老与死亡以及对各种疾病的抗病能力大多由有关基因控制，了解有关基因的结构和功能，可以按个体基因的特异性，预见疾病发生的几率和采取预防措施，发展针对个体特异体质产生的疾病的特效药物。还可以通过修复基因或开启生长基因修复器官，防止衰老。也有可能引进某些基因改进器官的功能，如加强肌肉爆发力，提高记忆力，实现人择进化等等。总之，掌握了人类的基因结构、功能及其调控机制，将从根本上改变人类的健康和生活状况。

人类基因组计划的意义不只在技术应用层面，在科学层面上将揭示人类智力之谜。就作为地球上最高级的生物——人来说，意识为什么能在进化中产生而不被淘汰？心理科学家们曾从猿到人的进化过程中去寻找。他们猜测在非人灵长类向人演化过程中，大脑皮层、两半球功能的分化、个体发育速度等发生了促进智力产生的变化。但问题远没有解决，人类基因组 DNA 全序列的测定或许能提供新的思路。

“人类基因组计划”与“曼哈顿”原子弹计划、“阿波罗”登月计划并称为自然科学史上的“三计划”，但它对人类自身的影响，将远远超过另两项计划。

世界上的所有事物都是一分为二的。人类基因组的研

究，同其他科研成果一样，是一把双刃剑。在强调人类基因组计划的积极意义时，我们也无法回避会有人企图利用该计划的成果去从事一些对人类有破坏的活动，如将其成果用于战争等，这一点对于军事医学的研究尤为重要。例如，有人甚至已提出并在实施“基因武器”计划，其本质是研究不同种族、不同人群的特异性基因，采用一定策略将其适用于目标人群，从而导致一个种族的毁灭。这并非耸人听闻，美、英、俄、德等国 1996 年政府专家报告都认识到了这种可能性，英国已于 1997 年成立了由生物技术、医学等多学科专家组成的小组研究其对策。所以，发现和保护种族特异性和易感性基因已成为关系到一个民族能否生生不息地繁衍、生存的生死攸关的重大问题。

基因的知识虽能给人类带来巨大的利益，但也可能被利用来作恶和产生坏作用。如一个人的基因缺陷被其他人掌握，就可能对他产生歧视和不公平的对待，他自己知道了以后也可能产生悲观情绪，加重心理负担。我们可以想象一下这样一个情景，一个人被开除不是因为他办事不力，而是因为他的遗传密码显示，在他生命的某个阶段有可能会患上某种疾病。当科学家编写出人类基因的完整结构图，并能够估量到这些基因结构对我们的生命会有什么影响的时候，这种因为遗传因素而受到不公平对待的情况将有可能普遍发生。如果保险公司预知顾客将会患上某种疾病，他们可能会拒绝接受这些人的投保。因此，确立世界公认的应用基因技术的伦理道德规范是刻不容缓的事。

人类基因组计划的完成，并不等于我们对于人类基因组的认识已经到头。应该看到，测序草图的完成只是“读出”人类基因组这部“天书”，这只是“万里长征的第一

✧ 生命是什么

——人类基因组计划及其对社会的影响

步”。而要“读懂”这部“天书”，则需要更长的时间，分析、了解这些碱基排列顺序后面的含义将比测定、确定它们更为艰难。后期启动的“功能基因组计划”将是回答这些基因功能的攻坚阶段，可能还需要人类数十年乃至上百年的努力，但曙光已在眼前。

为了向各级干部普及现代科技知识，在中央党校出版社大力支持下，我们编写了《生命是什么——人类基因组计划及其对社会的影响》一书，在编写过程中，参阅了陈志良、代天宇等主编的《复制生命——人类与克隆》、贺林主编的《解码生命》、杨焕明等主编的《生命大解密——人类基因组计划》等重要著作，同时也参考了国内外有关报刊杂志以及相关网站资料，在此，一并表示衷心感谢！

钱俊生

第 一 章 生命的密码——人类的基因

人类从古至今都想揭开生命的奥秘，都想了解人体自身，探究人的生、老、病、死、思维、记忆到底是怎么一回事。要想了解生命的奥秘，就得了解生命的密码，要了解生命的密码，还得从生命的基本结构单元——细胞谈起。

第一节 生命的基本单元：细胞

现代生物学告诉我们，生命的基本单元是细胞，人类能进行栽培、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，从“出生”，成长发育，“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包含了生命的全部复制功能。

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，都是小小的细胞在不停地复制自己。现代生物学家要进行“克隆”，也要对细胞进行“手术”。

那么，就让我们走进细胞的王国，探寻一下其中的奥秘。

一 细胞结构

在电子显微镜下，我们可以将细胞观察得清清楚楚。

细胞包括细胞膜、细胞质和细胞核。植物细胞和细菌还含有细胞壁。细胞质是细胞中除了细胞核以外细胞膜以内的原生质。但科学家发现细胞质并不是均匀的，其中包含了许多有形结构。这些结构被称为细胞器，如质体、线粒体、核糖体、圆球体、溶酶体、中心粒、高尔基体、液泡等。

环绕在细胞外围的结构可分为内外两层。内层为由脂类和蛋白质组成的细胞膜，亦称质膜，它是细胞都具有的相同结构。外层为细胞表面，这一层在各类细胞中差别很大，动物细胞没有细胞壁，但在细胞膜外也覆盖着细胞外被和胞外基质（见图1—1），在植物细胞膜外面尚有壁。细胞壁是植物细胞区别于动物细胞的重要特征之一。植物细胞壁的主要作用是使植物细胞保持一定形状和一定的渗透压。

在电镜下可以看出，细胞膜呈暗——明——暗形式的三层结构。细胞膜不仅是细胞把其内部与周围环境分开的边界，更重要的是，它是细胞同周围环境或其他细胞进行物质交换的通路。细胞膜对物质穿越细胞膜运输和交换有调节作用，它是细胞的一道动

态屏障。

生物膜是细胞进行生命活动的重要结构基础，细胞的能量转换、蛋白质合成、信息传递、运动、分泌、排泄、物质运输等活动都和膜的作用相关。由于对膜的研究不断深入，从而形成了一门新的学科——膜生物学。

根据有无细胞核膜可以将细胞分为原核细胞和真核细胞两大类型。

原核细胞最主要的特征是没有由膜包围的细胞核，遗传物质均匀分布于整个细胞中或集中存在于细胞的一个或几个区域中。这些区域

中物质密度较低，但与周围高密度的细胞质无明确的分界，故把这种低密度区称为类核。类核中含有盘绕的细丝，这些细丝是不结合蛋白质裸露的 DNA 双螺旋。由原核细胞构成的生物称为原核生物。现在分类学家把原核生物划为一独立的界，即原生界，其中包括蓝藻和各类细菌。真核细胞最主要的特点是细胞内有膜，把细胞分成了许多功能区。最明显的是含有膜包围的细胞核，此外还有由膜而形成的细胞器（如线粒体、叶绿体、内质网、高尔基复合体

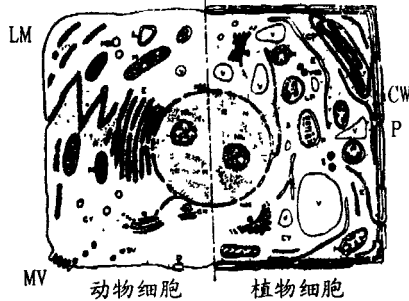
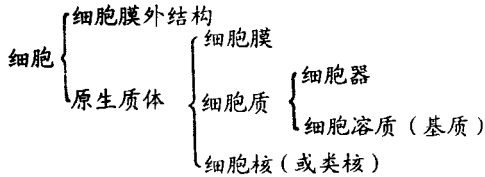


图 1—1 细胞结构模式图

C: 染色体, CM: 细胞膜, CN: 中心体, CP: 叶绿体 (植物), CY: 细胞质, CW: 细胞壁, D: 桥粒, E: 内质网, G: 高尔基体, L: 溶酶体, LP: 白色体, M: 线粒体, MB: 微体, MV: 微绒毛, N: 核, NL: 核仁, NM: 核膜, P: 质体 (发达的叶绿体), PD: 胞间连丝, R: 核糖体, S: 圆球体, SV: 分泌颗粒, V: 液泡。

等)。分区使细胞的代谢效率较原核细胞大为提高。例如，氧化磷酸化活动主要集中在线粒体中进行；植物细胞的光合作用机能由叶绿体来承担。

细胞质存在于质膜与核膜之间。各种细胞器均存在于细胞质中。下面我们介绍一些主要的细胞器。

1. 细胞骨架

细胞中也有骨架，真是不可思议。细胞骨架除有保持细胞外形的功能和构成某些细胞器外，也在细胞各种运动中起着重要作用。就目前所知，细胞质中呈纤维状的结构可分为三类：微管、纤维和微梁骨架。这些纤维状结构成分统称为细胞骨架。

2. 线粒体

线粒体是各类真核细胞中广泛存在的一种细胞器。线粒体一般呈条形或粒状，在电子显微镜下一个典型的线粒体类似“香肠”状，但在不同的生理条件下，其形态有所不同。哺乳动物卵母细胞在成熟时，线粒体呈球形或椭圆形。

线粒体的功能主要是给细胞的生命活动提供能量，糖、氨基酸和脂肪酸这些高能物质都是在线粒体中氧化并释放能量的。

线粒体中含有 DNA，线粒体 DNA 呈环状，线粒体越大，所含的 DNA 分子越多。线粒体 DNA 也能进行复制，并拥有合成蛋白质的整套装置。但线粒体合成蛋白质的种类有限，只有二十几种。所以有的学者认为，线粒体可能是寄生的生物经过上千万年或者上亿年的时间演化而来的。

3. 叶绿体

线粒体是真核细胞普遍具有的能量转化细胞器。植物细胞除了有线粒体外，还含有另一种能量转化细胞器，即叶绿体。叶绿体对