

中国生物工程学会科普工作委员会资助图书



沈孝宙 编

# 转基因之争

*Controversy over  
Genetically Modified Organisms*



化学工业出版社

中国生物工程学会科普工作委员会资助图书



沈孝宙 编

# 转基因之争

*Controversy over  
Genetically Modified Organisms*



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

转基因之争/沈孝宙编. —北京: 化学工业出版社,  
2008. 2

ISBN 978-7-122-02038-3

I. 转… II. 沈… III. ①动物-外源-遗传工程-研究  
②植物-外源-遗传工程-研究 IV. Q943.2 Q953

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 014309 号

---

责任编辑: 傅四周 高 炜  
责任校对: 吴 静

装帧设计: 张 辉

---

出版发行: 化学工业出版社

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市彩桥印刷有限责任公司

880mm×1230mm 1/32 印张 6½ 字数 141 千字

2008 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 15.00 元

版权所有 违者必究

## 前言

人类今天已然闯进基因这个神秘的世界，有本领借助分子“剪刀”（核酸内切酶）和分子“黏合剂”（DNA 连接酶）将生命的密码当成化学材料进行任意拼接。人类试图充当“上帝”的角色，按自己设计的蓝图重塑地球生命甚至包括人类自身。在基因上进行的这场技术革命对地球和人类的未来必将产生深远的影响。与历史上任何重大技术革命的初始时期不同的是，对席卷全球的“基因革命”，人类正在经历着一次空前广泛的争论，并持续了多年，至今还在不断“升温”。争论深刻影响着各国的政策取向和相互关系。

试想，人类历史上有哪次技术革命经历过如此广泛而持久的关注与争议？

这是否在显示我们人类已进入理智和成熟的时期？

人类的睿智能解决科学中出现的问题吗？

你现在打开的这本书，将沿着这些线索，勾绘基因神秘的世界，力图客观地向你介绍转基因动植物应用的现状、转基因的生物安全（食品安全与环境安全）、围绕转基因旷日持久的争论、各国民众的态度和各国政府不同的应对措施、为解决转基因出现的问题国际组织所作的努力以及未来“基因革命”的走向等。作为崇尚科学生活的 21 世纪人，不能不了解这些与自身息息相关的科学问题。只有了解这些问题，懂得哪些问题值得担心，哪些问题又无需牵挂，才不至于无所适从。毫无疑问，当代人活得是有些累，为了活得明白，什么知识都要懂一点。可是正因为这样，当代人活得比前人精彩。

世界上围绕转基因曾经发生过许多惊心动魄的事件。笔者叙述时所涉及的许多个人和单位在本书中大多隐去其名，仅对事件本身进行剖析，这也是本书书名《转基因之争》的由来。

本书得到中国生物工程学会科普工作委员会的资助和大力

支持，谨致谢忱。但书中如有疏漏和谬误，仍是笔者的责任。此外，书中有少量署名插图引自 20 世纪 80 年代出版的国外书刊，无法一一与作者取得联系征询转载事宜，在此谨致谢忱。

感谢以下为本书提供过帮助的人。他们是中国生物工程学会前任和现任秘书长张树庸教授和曹竹安教授，《中国生物工程杂志》张宏翔主编，美国路易斯安纳州泽维尔大学 Marc Welt 博士，中国农业部黑龙江水产科学研究所孙效文教授和梁利群教授，中国科学院微生物研究所郭兴华教授，中国科学院动物研究所庄临之教授，化学工业出版社的相关编辑，我还须特别提到我的妻子——中国科学院动物研究所王瑛教授和我远在美国的女儿沈泓，她们对初稿提出许多有价值的修改意见，本书的出版有赖她们始终不渝的支持与鼓励。

沈孝宙

2008 年 1 月 8 日于北京寓所

# 目录

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| <b>1 认识基因 .....</b>           | <b>1</b>  |
| 基因是什么? .....                  | 2         |
| 基因的结构 .....                   | 3         |
| DNA “天书” .....                | 6         |
| 基因“机器”是怎样开动的? .....           | 8         |
| 本章提要 .....                    | 11        |
| <b>2 从“绿色革命”到“基因革命” .....</b> | <b>13</b> |
| “绿色革命” .....                  | 14        |
| “绿色革命”的代价 .....               | 16        |
| 现代生物技术崛起 .....                | 17        |
| 遗传工程是现代生物技术的主流 .....          | 17        |
| 专利为生物技术催生 .....               | 20        |
| 遗传工程在医药领域初战告捷 .....           | 21        |
| 遗传工程向农业进军 .....               | 23        |
| “绿色革命”的延续 .....               | 26        |
| “基因革命”卷入争论的漩涡 .....           | 27        |
| “生物安全”概念的产生 .....             | 28        |
| “基因革命”的特点与产生的问题 .....         | 29        |
| 本章提要 .....                    | 31        |
| <b>3 转基因动植物发展现状 .....</b>     | <b>33</b> |
| 转基因作物现有批准种植的种类 .....          | 34        |
| 耐除草剂转基因作物 .....               | 34        |
| Bt 抗虫转基因作物 .....              | 36        |
| 抗病毒转基因作物 .....                | 41        |
| 产生特殊化学成分的转基因作物 .....          | 42        |
| 消失的转基因作物 .....                | 43        |
| 转基因树 .....                    | 44        |
| 转基因动物 .....                   | 46        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 本章提要 .....                  | 47         |
| <b>4 关于健康安全问题之争 .....</b>   | <b>49</b>  |
| 哪些食物含转基因成分? .....           | 50         |
| 转基因食物安全性牵动亿万人的神经 .....      | 53         |
| 哪些是争论的焦点? .....             | 54         |
| 小土豆引发大辩论 .....              | 58         |
| 吃 DNA .....                 | 59         |
| 令人揪心的“抗生素抗性” .....          | 61         |
| 不可忽视的毒性问题 .....             | 64         |
| 长期安全性测试仍是难题 .....           | 67         |
| “过敏原性”让人牵肠挂肚 .....          | 67         |
| 难以琢磨的“不可预测效应” .....         | 70         |
| 食品安全评估策略 .....              | 71         |
| 本章提要 .....                  | 74         |
| <b>5 关于环境安全问题之争 .....</b>   | <b>77</b>  |
| 基因漂流 .....                  | 78         |
| 作物之间的转基因漂流 .....            | 80         |
| 两种观点,各有道理 .....             | 83         |
| 对生物多样性的影响 .....             | 85         |
| 会成为又一类外来种入侵吗? .....         | 89         |
| 转基因动植物与野生同类之间的基因漂流 .....    | 90         |
| 对土壤生物群落的影响 .....            | 93         |
| 病毒重组问题 .....                | 94         |
| 控制转基因漂流的物理屏障系统 .....        | 96         |
| 控制转基因漂流的生物屏障系统 .....        | 97         |
| 转基因生物的环境安全性评估与“通晓性”原则 ..... | 99         |
| 本章提要 .....                  | 101        |
| <b>6 关于社会和经济问题之争 .....</b>  | <b>103</b> |
| 面对多元文化的世界 .....             | 104        |
| 对经济的影响具有两面性 .....           | 104        |
| 我们在冒“单一性”的风险吗? .....        | 107        |
| 打破贸易格局 .....                | 107        |
| 能解决世界饥饿吗? .....             | 109        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 面临垄断时代 .....                | 110        |
| 生物技术的伦理问题 .....             | 112        |
| 本章提要 .....                  | 113        |
| <b>7 关于标识问题之争 .....</b>     | <b>115</b> |
| 问题的提出 .....                 | 116        |
| 如何作标识? .....                | 116        |
| 分歧在哪里? .....                | 120        |
| 各国的标识政策 .....               | 120        |
| 本章提要 .....                  | 121        |
| <b>8 谁是公正的裁判? ——介绍联合国组织</b> |            |
| <b>的有关意见 .....</b>          | <b>123</b> |
| 对转基因食物健康安全性问题的意见 .....      | 125        |
| 提出转基因食物安全性评估的原则和操作规程 .....  | 126        |
| 对转基因作物环境安全性问题的意见 .....      | 128        |
| 《卡塔赫纳生物安全议定书》 .....         | 129        |
| 本章提要 .....                  | 131        |
| <b>9 世界各地状况 .....</b>       | <b>133</b> |
| 美国 .....                    | 135        |
| 加拿大 .....                   | 138        |
| 中南美洲 .....                  | 139        |
| 欧盟 .....                    | 141        |
| 俄罗斯 .....                   | 143        |
| 大洋洲 .....                   | 144        |
| 非洲 .....                    | 145        |
| 亚洲 .....                    | 145        |
| 本章提要 .....                  | 151        |
| <b>10 未来的转基因 .....</b>      | <b>153</b> |
| 哪些是我们知识的空缺? .....           | 154        |
| 转基因作物的三个发展领域 .....          | 154        |
| 转基因技术的未来发展 .....            | 155        |
| 什么是最佳的转基因作物? .....          | 156        |
| “输入性”农业生产品质仍受关注 .....       | 157        |
| 为提高作物产量而努力 .....            | 161        |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 更营养的转基因作物蓄势待发 .....     | 162 |
| 未来的转基因动物 .....          | 166 |
| 生物制药——基因工程的一个新兴领域 ..... | 167 |
| 生物燃料——刚刚问世的新能源 .....    | 170 |
| 本章提要 .....              | 172 |

## 附录 I 如何产生转基因动植物 ..... 173

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 瞄准“靶基因” .....       | 174 |
| 基因的“驱动器” .....      | 175 |
| 标识基因——追踪“偷渡客” ..... | 176 |
| 转基因元件的装配 .....      | 177 |
| 如何将外源基因导入动物? .....  | 179 |
| 如何将外源基因导入植物? .....  | 180 |
| 面对技术的缺陷 .....       | 184 |
| 本章提要 .....          | 185 |

## 附录 II 转基因的检测 ..... 187

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 根据表型的检测方法 .....    | 188 |
| 根据产物蛋白的检测方法 .....  | 189 |
| 根据 DNA 的测试方法 ..... | 191 |
| 面临挑战 .....         | 195 |
| ISO 新标准 .....      | 195 |
| 本章提要 .....         | 196 |

# 1

---

认识基因



## ■ 基因是什么？

一般人现在对“基因”一词可能已不生疏，但或许还不知道“基因”这个词汇其实是从外语“gene”翻译过来的。早在19世纪一些科学家对性状的遗传现象就提出各种假说，最著名的是达尔文的“泛生论”（pangenesis），后来由此学说推想“泛生子”（pangen，德语，又译“胚质”）的存在。据此，丹麦科学家威·约翰森于1905年抽取上述名词的词根创造“gene”一词。他指出这是实用的短词，可用来表示雌雄生殖细胞的“结合体中存在之遗传‘因素’或‘单元’”。特别值得提及的是，“基因”这个外来术语也许是我们汉语科学译名中最成功的范例，其音意兼顾，可谓神来之笔。

基因是生物体的遗传功能单位，也是一个物理单位，因为它在细胞核染色体上占据特定的位置，是实实在在的物质。生物体全套基因决定个体所有性状，并负责将这些性状传递给后代。我国古代谚语“种瓜得瓜，种豆得豆”就是对生物遗传现象朴素的认识。比较高等的生物，如人类中，其实有两套染色体，所以含有两套基因，一套来自卵子（母本），另一套来自精子（父本）。每种生物有多少基因，我们现在还不能精确统计，只是估计的数字。但有一点可以肯定，就是一般说来越低等生物的基因越少，如细菌只有几千个基因，在进化上较高等的果蝇就有1万2千个基因。但我们认为最高等的生物——人类自己，基因却不一定就最多。当初《人类基因组计划》在1990年启动时，预测可能要在人类基因组中发现15万~25万个基因，华尔街医药和生物技术股市为之疯涨。及至2001年完成人类基因组草图后，宣称只找到2万~2万5千个基因，股市立刻暴跌。我们人类是地球生物进化最伟大的成



就，是充满智慧、最具创造性的复杂生命形态，我们基因的数量何以比原先推想的要少得多？连线虫这样看似简单的生物也有2万个基因。还有，像水稻这种植物的基因数量居然还是人类的一倍。这些让科学家大惑不解，这个谜底可能要留待未来去揭开。须指出的是，已发现某些基因一个编码区可以产生几种蛋白质或多肽，也就是说，一个基因可能蕴藏着多种功能。当然，我们现在所认定的并进行统计的基因，都是那些按照我们现在的理解能编码蛋白质的基因。或许还有一类或几类基因，它们是通过我们还没有认识到的其它途径控制着细胞的生命活动，只是目前对其还不甚了解，所以还没有获得基因的“身份证”。最近一二十年，一系列令科学家震惊的发现似乎可以为此猜想找到某些线索。因为人们注意到牛海绵状脑病（又叫疯牛病）、绵羊瘙痒病、人的克-雅病和一些退行性脑病，都是由一类可以自身增殖的十分特殊的蛋白质颗粒侵染所致。这类蛋白质颗粒称为“朊毒体”（prion）。从生化分析上看，这类可不停地进行复制和沉积的物质中完全不含核酸。有些科学家认为“朊毒体”这种致病物质介于生命与非生命之间。这表明目前已成定论的观点：“核酸是所有生命的基础”，至少在某些情况下并不完全准确。在科学家大脑里又产生了一系列疑问：有“非核酸”的基因存在吗？如果有，像“朊毒体”这类单独具有储存和传递生物信息功能的蛋白质，能算是“另类”的基因吗？它与核酸基因又有何关系？地球上还存在其它类型的基因形态吗？

## 基因的结构

基因并不是虚无缥缈之物，尽管它很奇妙，我们用肉眼看不见它，但在放大倍数极高的电子显微镜下，却可以



窥见它神秘的外形（图 1-1）。当然，我们这里看到的是已从生物体内分离出来的一段基因。本质上基因是一种化学物质，叫做“脱氧核糖核酸”，简称 DNA。DNA 常是两条呈螺旋状盘绕的长链聚合体，这就是著名的“DNA 双螺旋结构”（图 1-2）。这个模型在半个世纪前提出后对科学和人类社会产生了巨大的影响。DNA 双螺旋可能是我们至今在自然界能看到的最神奇最完美的化学分子，它几乎是所有生命的载体。它可能伴随着生命的起源而出现，接着又成为生命赖以繁衍的基石，否则你无法解释它的基本结构在漫长的几十亿年间从最简单到最复杂生命形态的

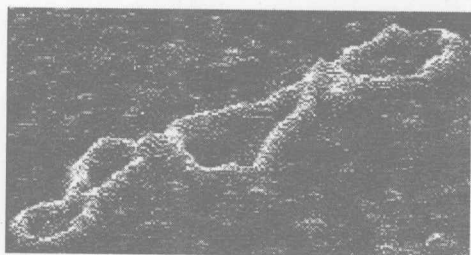


图 1-1 想一睹基因的风采吗？这张通过原子力显微镜（AFM）新技术使你可以窥见一种 DNA 分子（质粒）附着在云母片上的立体图像。一条 2 纳米粗细的 DNA 链（相当于人类头发丝直径的 2 万分之一~3 万分之一）蜿蜒盘绕，看起来令人有点失望。外表上它似乎并无任何神奇之处 [承蒙图片作者意大利米切尼博士（Dr. Gioacchino Micheli, IBPM CNR, Rome, Italy）概允使用]。

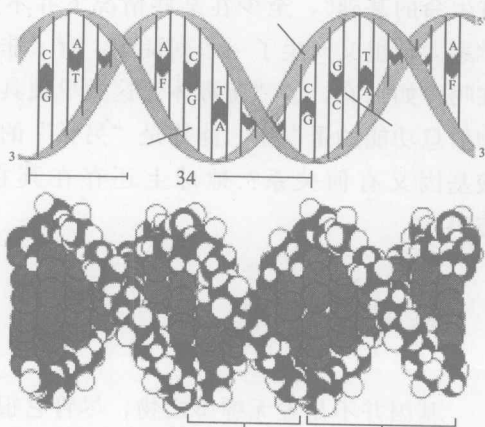


图 1-2 DNA 的双螺旋结构。上侧是示意图。下面是一段 DNA 分子中各原子排列和分布的模型（图片来源：Bruce Alberts 等著，《Molecular Biology of the Cell》，1983）。



进化历史中何以能保持不变。

DNA 长链聚合体的基本单位是脱氧核苷酸。你可以把每一个脱氧核苷酸看成是基因“建材”中一块块“砖头”。脱氧核苷酸的化学结构早已弄清，它们是由含氮的嘌呤或嘧啶（通称“碱基”）、脱氧核糖以及磷酸根三部分组成（图 1-3）。在 DNA 分子中，嘌呤主要有两种，即腺嘌呤和鸟嘌呤；嘧啶也有两种，为胞嘧啶和胸腺嘧啶，这四种脱氧核苷酸（也可以说四种碱基）分别用符号 A、G、C 和 T 表示。DNA 双链上所有碱基朝向内面，彼此对着，但 A 必定对着 T，C 也必定对着 G。科学家称此现象为“碱基配对”或“碱基互补”。配对的碱基之间存在氢键。DNA 双链大量碱基之间形成大量的氢键，使它们维系着双螺旋的稳定（图 1-4）。一个生物体全部的基因都散布在 DNA 长链上。一个基因在 DNA 链上所跨越的长度不同，短的有几百对脱氧核苷酸 [科学家们似乎更愿意直接用“碱基对”（简称 bp）表示 DNA 的长度]，长的可达几十万甚至几百万个碱基对。统计学计算平均每个基因有 3 千个碱基对。基因与基因之间以及基因内部被或长或短没有编码功能的 DNA 序列隔开或穿插。人类的 DNA 总长度为 31 亿 6 千 4 百 70 万碱基对，全部 2 万 5 千多个基因在 DNA 长链上其实只占很少一部分，仅有 2%，而且成簇分布。其余那些我们认为没有编码功能的 DNA 序

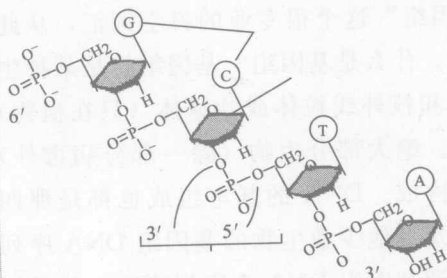
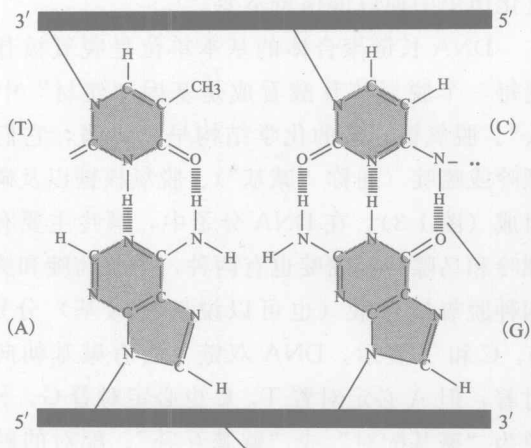


图 1-3 DNA 链的化学结构。显示出碱基（用圆圈表示）、脱氧核糖（用五角形表示）和磷酸的连接方式。你在这里所看到的仅仅是一条链上四个核苷酸的长度（图片来源：Bruce Alberts 等著，《Molecular Biology of the Cell》，1983）。



图 1-4 DNA 中的四种碱基：  
腺嘌呤 (A)、鸟嘌呤 (G)、  
胞嘧啶 (C)、胸腺嘧啶 (T)。  
它们在 DNA 双链 (图中用上  
下两根粗线表示) 中通过氢键  
(用粗虚线表示) 进行配对，  
从而维系 DNA 双链的稳定  
(图片来源：Bruce Alberts 等  
所著，《Molecular Biology of the  
Cell》，1983)。



列却占据全部 DNA 的一大半。由于它们的序列看似“杂乱无章”，被科学家不公正地称为“垃圾”DNA。如果我们将基因看成是生命的“蓝图”，那么这些“垃圾”DNA 或许就是过期弃用的“蓝图”？要不就是作废的“草图”？我们人类身体内如此要害的基因“仓库”里竟堆满了如此多的“垃圾”，这可能吗？

## DNA “天书”

从《人类基因组计划》的实施到完成的十余年间，经媒体大量报道，“基因组”这个很专业的科学词汇，从此频频见诸报端和电视。什么是基因组？基因组就是某种生物体细胞核内染色体和核外线粒体或叶绿体（只在植物）上所有 DNA 的总和。绝大部分生物（除一部分病毒外）的基因都是由 DNA 构成。DNA 的基本组成也都是那四种脱氧核苷酸。人类及其他少数生物的基因组 DNA 序列已相继全部阐明。所谓基因组 DNA 全序列测定，就是把



A、G、C、T 四种核苷酸的排列次序挨个弄清。你可以将这些 DNA 序列看成是一部部“天书”。奇妙的是，这些“天书”只有四个通用的“字母”，那就是上面讲的 A、G、C、T（图 1-5），比乐谱的七个音阶还简单。但就这四个字母，却能演奏出千变万化的生命交响乐以及精彩绝伦的生命故事。当然，这些“天书”实际上并未付印成册，而是存入计算机，在网上公开发布，供各国科学家自由享用。如果要印成书，每页 1 万个字母，则人类基因的这部“天书”将厚达 30 万页之巨。今天的科学家们只能看懂这些“天书”的某些零散的句子和段落，加起来还不到万分之一。人类对基因的认识还是很肤浅的，甚至可以说有些不得要领。要不然怎会面对人类与黑猩猩在基因结构上只有 1.2% 的差异而瞠目结舌，无法解释这微不足道的差异如何足以让我们人类具有如此卓越的智慧和本领，能够脱颖而出超越这些仍在非洲原始丛林中混迹的“亲戚”，成为主宰这颗星球的万物之灵。

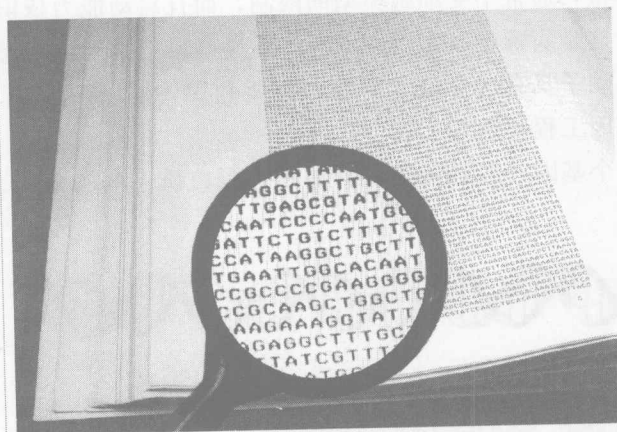


图 1-5 DNA “天书”要是印出来，就是这个样子。每一种生物都拥有这样一部“天书”，只是厚薄不一，字母排列次序不同。这只是几十万页中的一页，你会发现这上面只有四种字母，比乐谱的七个音阶还简单，但却能奏响这世界上无与伦比的生命交响乐。

现在，人类急于要破解这部“天书”的更多章节。于是生命科学进入所谓“后基因组时代”。

## ■ 基因“机器”是怎样开动的？

在细胞内基因是活动的，它像一台机器那样不停地在运转。虽然一个生物个体内每个细胞都含有该物种全套的基因，但基因“机器”的开启却是有严格的时间和空间规律。也就是说，某个组织和器官，只开动它所需要的那些基因，而且只是在需要的时间开动，其它基因都是关闭着的，或者在不需要的时候关闭着。每种基因“机器”都有它自身很独特的开关，这个开关科学家称为“启动子”。本质上，启动子也是一段 DNA，位于基因的前端，紧接着就是基因的编码区本身，最后就是终止序列（图 1-6）。

特别有意思的是，一般基因的开关（启动子）受所在细胞诸多因素的控制，要是把它们放到其他组织或其他种类的生物个体中，它启动其它基因的能力就会受到影响，不是很弱，就是根本不工作。但病毒基因的启动子的本事却大得很，通常不受细胞类型的限制，而且启动能力依旧很强。这是病毒难以对付的原因。不过，也正是因为病毒基因启动子具有这个特点，为人类所利用，所以成了动、植物基因工程的重要工具。

每个基因一般都储存着一种独特蛋白质序列的密码。

