

自私是本能，合作是智慧

基因社会

哈佛大学人性本能10讲

以太·亚奈 (Itai Yanai) 马丁·莱凯尔 (Martin Lercher) 著
尹晓虹 黄秋菊 译

THE

SOCIETY

基因的社会规则就是人类的行为本能
基因的社会规律就是人类的生命规律

人性应超越基因本能

OF

GENES



江苏凤凰文艺出版社
JIANGSU PHOENIX LITERATURE AND
ART PUBLISHING, LTD

基因社会

哈佛大学人性本能10讲

以太·亚奈 (Itai Yanai) 马丁·莱凯尔 (Martin Lercher) 著
尹晓虹 黄秋菊 译 严青 审校

THE
SOCIETY
OF
GENES



江苏凤凰文艺出版社
JIANGSU PHOENIX LITERATURE AND
ART PUBLISHING, LTD

图书在版编目 (C I P) 数据

基因社会 / (美) 以太·亚奈 (Itai Yanai), (美)
马丁·莱凯尔 (Martin Lercher) 著; 尹晓虹, 黄秋菊译. —
南京: 江苏凤凰文艺出版社, 2017.7
书名原文: THE SOCIETY OF GENES
ISBN 978-7-5594-0729-0

I. ①基… II. ①以… ②马… ③尹… ④黄… III.
①基因组—研究 IV. ①Q343.2

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第138574号

著作权合同登记号 图字: 10-2017-252

Copyright 2016 by Itai Yanai and Martin Lercher.

All rights reserved.

书 名	基因社会
作 者	以太·亚奈 (Itai Yanai) 马丁·莱凯尔 (Martin Lercher)
译 者	尹晓虹 黄秋菊
责任编辑	邹晓燕 黄孝阳
出版发行	江苏凤凰文艺出版社
出版社地址	南京市中央路165号, 邮编: 210009
出版社网址	http://www.jswenyi.com
发 行	北京时代华语国际传媒股份有限公司 010-83670231
印 刷	北京市松源印刷有限公司
开 本	690×980毫米 1/16
印 张	17
字 数	250千字
版 次	2017年8月第1版 2017年8月第1次印刷
标准书号	ISBN 978-7-5594-0729-0
定 价	39.80元

前言
THE
SOCIETY OF GENES



我们的晚餐并非来自屠夫、酿造师或是面包师的恩惠，而是来自他们
对自身利益的关切。

——亚当·斯密

源远流长的基因社会和人类社会有着不可分割的联系。基因社会塑造
着你的身体和头脑，影响着你的本能和欲望。这一社会引领人类走到现在，
但却并不一定掌控着人类的未来。若想理解基因是如何影响我们的——并
找寻人性逾越基因之上的方法——你也许会设想，我们得搞清每个基因的
作用。

但这种方法并不会奏效，因为我们人类并不是基因的单纯加和。基因
社会中的成员并非独立存在。它们需要协作，树敌结友，只有这样，基因
才能组成人体，用以维持自身长达数十年的生存，并在人类中代代相传。

约 250 年前，亚当·斯密（Adam Smith）就意识到，正是个体利己行为的相互作用，才使得市场变得如此高效。与此类似，为了持久的存活，基因间产生了竞争与合作，而人类整体才因此得以持续生存。

过去难以想象的基因组信息也在现代科技下不断积累，揭示了基因社会的大体架构。其中有厂房车间里辛勤劳动的个体，比如血红蛋白（hemoglobin），其将氧分送入细胞中燃烧。还有聚合酶，其能忠实地复制出其他基因。其中还包括一些信使，例如成纤维细胞生长因子受体 3 基因（*FGFR3*），其能接收和传递生长信号；当其出问题时，则会导致遗传疾病的产生。管理者们也在其中，例如叉头框 P2 基因（*FOXP2*），其能对掌控语言能力的基因发号施令。

此外，还有 *SOX9* 基因，当它出问题时，会使女孩发育出正常情况下只有男性才会有的体征。基因社会中还存在着大批利用其他基因坐享其成的懒汉，LINE1 元件就是其一，它在我们的基因组中随意撒播了几十万个自己的分身。此外，其中也不乏危险分子，譬如乳腺癌 1 号基因（*BRCA1*）的某些突变版本，它们会增加女性携带者患乳腺癌的几率。

探秘人类基因组，关键就在于掌握这些基因的动向。我们会发现，基因组实际上是由复杂的合作网络联结在一起的利己基因集合。这本书讲述的，正是这个基因社会的故事：几许成功，几许失败，永恒不变的是基因之间的冲突与合作。

序
THE
SOCIETY OF GENES



基因的社会规则

我们初识于海德堡的欧洲分子生物学实验室。而在大约 20 年前——远远早于我们的初次会面——我们二人都拜读了理查德·道金斯（Richard Dawkins）在 1976 年出版的《自私的基因》这一经典著作。这本书改变了我们的生活。那时，我们一个在研究计算机，另一个在研究物理，但我们都离开了自己的领域，开始研究演化生物学。道金斯的这本书用宏大的视角描述了生物的本质——生存机器，“一种作为载体的机器人，其程序是盲目编制的，为的是保存所谓基因这种秉性自私的分子”。这令人瞠目结舌的真相由于演化^①的时间尺度之大而不为人们所觉，直到今天仍让人感到

① 演化（evolution），亦译为“进化”。但在生物学中，“evolution”一词的准确意思是生物种群的可遗传性状由于自然选择而发生改变的过程，重在演变，并无“进”“退”之分。因此，“演化”一词较“进化”更符合“evolution”的准确词义，故本书中“evolution”一词均译为“演化”。

吃惊。正如量子力学现象所表现出的长度尺度十分微小，因此其怪异的统计方式让人无所适从，生物的本质也可能同样令人难以接受。

道金斯写下《自私的基因》的时候，并没有基因组信息可供分析研究。道金斯借助基础原理以及其他科学家由基础原理导出的理论构建了整本书的逻辑。即使在基因组革命后，《自私的基因》的内容也被证明基本是正确的。

基因组革命公开了大量基因组序列以供人们研究，让我们拥有了这一生物信息宝库。第一组基因组序列精确显示了某生存机器的基因组构成。随着越来越多物种的基因组被公布，人们得以对其进行对比研究，发现这些基因组之间的相似与不同之处。反过来，这些发现又能帮助我们推测基因是如何演化的。对于我们人类自身，已有数百个人的基因组序列可供研究。

随着时间的推移，我们认识到，如果想深入理解各个生物体系和其演化过程，那么我们必须用整体的视角看待问题。基因的行为确实称得上自私，但基因和人类一样，并非孤立存在，任何基因都不能仅靠自己过活。基因必须相互合作，共同构建和经营一个又一个的生存机器，才能长久地生存。

所有人类基因组都由同样的基因组成，但单个基因在不同个体中的拷贝有可能因为变异而产生差异，并且同一基因的不同拷贝之间也为了争夺未来几代人类基因组中的最高地位而进行着激烈的竞争。由于基因间有着复杂的相互作用，有着合作和竞争，因此在整本书中，我们将所有基因均视为一个社会中的成员。这种“自私的基因”的概念引领着我们取得了21世纪的无数进步。如果我们延伸这种概念，将基因的整个“社会”都考虑进来，那么接下来将更易取得进展。

道金斯十分清楚这种观点的重要性。实际上，马特·里德利（Matt Ridley）在1996年出版的《美德的起源》一书中就有一与此有关的章节，

名为“基因社会”，表明生存机器正是许多基因相互协作所创造出的产物。然而，那时人们并未对基因间的相互作用进行仔细研究，也就无从得到清晰的理解。

马文·闵斯基（Marvin Minsky）的《精神社会》一书阐释了智能源于单个智能体的活动这一理论。与此类似，我们将在本书中阐释个体基因间关系的总和是如何影响基因组的。我们会用全面的生物视角进行观察，对“基因社会”的概念进行详细解读，从人体内部某单细胞的演化开始，随后扩展到更宏观的时空尺度，直至追溯到生命之初。

本书是为广大读者而作，并不需要读者具备生物方面的背景知识。同时，我们为理解基因和基因组的演化提供了新的视角，因此希望本书也可以吸引生物研究方面的同行关注。就像《自私的基因》一书激发了我们的兴趣一样，如果本书能引发学生对基因组研究的兴趣，我们将感到无比高兴。

我们的一位朋友有个特别的习惯，他在读小说时总喜欢先跳到结尾进行阅读。他的理由是：如果在读完整本书之前他不幸去世，至少他也知道了故事的结局。尽管这听起来有些奇怪，但我们还是在此摒去不必要的曲折，写下本书的摘要，表明我们的大致论点——应用“基因社会”这一类比对关于生命系统的思考是相当有帮助的。

我们在开篇介绍了基因合作失败而导致的灾难性后果。癌症是一种基因组疾病。基因组这一包含 60 亿个字母的“百科全书”记录了构建人类所需的全部信息。在讨论癌症的病因时，第一章引出了本书中的几个主要角色——增殖以构建身体的细胞、基因，以及调控基因的基因间相互作用，还有由于基因字母序列发生改变而导致的突变。这一切为演化提供了原料和基础。

癌细胞必须在积累了多个特定的基因突变后才会具有杀伤力，这些突变一起合作以加速癌细胞的生长，每种突变都会突破身体阻止细胞失控增殖的某一道防线。某个细胞一次性获得这些突变的情况是极不可能的。那么为何癌症发病率如此之高呢？要解答这个令人痛苦的谜题，关键在于由查尔斯·达尔文最早提出的自然选择理论。一旦某个细胞获得了一种致癌突变，它就会比临近的细胞分裂得更快。最终，该细胞的后代将会变得数量众多，使得下一种突变出现在其中的情况变为可能。如此一来，基因组对抗癌症的防线就像多米诺骨牌一样纷纷倒下了。

正如癌症的行动规律所示，基因组并非是固定不变的；基因组甚至会在人的一生中不断变化。第二章引入了基因社会这一类比——由人类基因组中基因的各种不同拷贝组成的“共同体”。所有的社会都应定义其范围，在区分基因社会成员和潜在危险入侵者的基因时，细菌和脊椎动物的免疫系统提供了两套不同的方案。

这两种免疫系统的原理相同，均是将潜在的外源基因或其产物与基因组中已储存的样本对比而进行区分的。人类免疫系统遵循的是自然选择规律。与我们自身的免疫系统相比，细菌那巧妙的免疫系统直接将当前入侵者的信息输入其基因组内——这是环境直接改变基因组的鲜有示例。在较短的时间尺度内来讲，这种拉马克式的法则^①在人类中也有体现：当一个母亲为孩子哺乳时，她就将自身辛辛苦苦发展出的重要免疫能力转移给

① 法国博物学家让-巴蒂斯特·拉马克（Jean-Baptiste de Monet, Chevalier de Lamarck, 1744—1829）是生物进化理论的先驱，他提出了拉马克学说，这一学说提出了两个原则：“用进废退”说和获得性遗传。他认为生物经常使用的器官会在后天逐渐变发达，且这种后天获得的变化是可以遗传的。尽管这一学说后来被遗传学证据所否定，但不可否认其在进化生物学史上的先驱地位。

了孩子。

对一个基因来说，只要能在下一代中获得一席之地，连杀戮也在所不惜。这就是“毒药”基因和“解药”基因共同生存下来的方式——杀死那些并未携带其拷贝的精细胞和卵细胞。第三章介绍了基因社会为打击这些作弊行为而演化出来的种种手段，如此才能让所有的基因拷贝有平等的机会进入下一代。只有这样彻底的平等主义设计才能保证有性生殖成为有效的繁殖手段。

乍看之下，有性生殖似乎并不是个好主意：母亲一方并不能再克隆自身，而是妥协为将其一半基因组遗传到下一代，而下一代还要继承奉献无多的父亲那一半基因组。但从以百万年为基本单位的基因发展历史来看，有性生殖其实是个绝妙的方法。在不断变化的世界中，一代代不断尝试新型基因组合的方式利大于弊。基因的创新中有绝大部分来自父亲——基因复制的错误多半来源于生产精子过程中的多轮细胞分裂，而这些复制错误大部分是有害的。

基因社会中影响基因拷贝命运的因素有很多，自然选择确实是其中重要的因素，但却并非唯一因素。正如第四章所讲，随机性就发挥了同样重要的作用。想一想以下明显存在的矛盾：地球上任何两人的基因组基本都是 99.9% 相同，但人们却常常认为其他人与自己是如此不同——近乎是不同的物种。

不同地区人们的基因组所呈现的微小差异告诉我们人类是如何在过去十万年中从非洲迁移到全世界的，但也同时告诉了我们人类是如何适应不同地区的当地环境的。肤色体现了紫外线辐射保护与利用阳光合成维生素 D 之间的精妙平衡；而乳糖耐受与否则和制乳畜牧业的发展有关。这两个

例子显示出环境会选择同一基因中更有用的版本，从而使之在某一地区处支配地位。

但大部分基因组中的差异却并无实际的影响——这些差异对应的基因拷贝是中立的旁观者，它们之所以没有被淘汰掉，往往是由于基因组上位置邻近的基因社会成员在演化上获得了成功，使它们顺便被保留了下来。有些基因会使人对那些与自身基因相差较大的人产生偏见，即种族歧视，而这些基因在自然选择的作用下被保留了下来。但要弄清的一点是：控制这种行为的基因是为了其自身私利而行事的，哪怕它们的私利对人们自身不利，对整个人类来讲也不利。

基因社会中的基因形成了一张复杂的关系网。每项功能往往需要多个基因的共同合作，而大部分基因则身兼数职。第五章展示了基因和人体特征之间复杂的组织结构图。尽管人类有许多遗传病均可归因于某个基因的失灵，但一般情况下，疾病往往是由于多个基因社会成员间的失衡互动所引起的，其中往往还有环境在起作用。

此外，由于基因多效性，同一基因中的不同突变会导致相差甚远的症状，例如性逆转和面部畸形。基因间复杂的相互作用不仅体现在病因上，还体现在能掌控着基因社会中像人类和细菌这样不同的生物。

基因社会不会停滞不前。新出现的河流会阻碍河两岸的生物种群进行交配，从而将一个社会分成了两个社会，而这两个社会只能随着时间的推移而变成两个不同的物种。形成新物种的关键在于：河两岸两个基因社会的基因成员们无法再继续合作。在第六章中，我们阐释了演化是如何将古猿分化为现代人和黑猩猩两种物种的。人类祖先与黑猩猩祖先的基因社会究竟是从哪一刻起开始不再相容的？

是否可能有人类和黑猩猩的杂交物种（猩人，“chuman”^①）存在？在今天看来，这种推断像是无聊小报上的花边新闻，但是将人类和黑猩猩的基因组进行仔细对比后，我们确实发现了远古的丑闻。这种在新形成的物种间发生的丑闻在距今不久之前也曾出现：最后一个猩人消失后的数百万年后，“现代”人在非洲之外的地区与尼安德特人重逢。尽管我们一般将尼安德特人归为欧亚两洲土著类猿兽，但尼安德特人和人类移民一定对彼此怀有巨大的好感。我们基因组中遗留的痕迹证明两个群体间有过亲密交往，这也使得人类对欧亚两洲的病菌有了抵抗力。

基因社会中的成员可大致分为管理者和工作者。管理同一批基因上的方式稍有不同，就能带来巨大的创新。据此，第七章论述了区分不同物种的不是其工作者基因，而是其管理者基因这一论点。基因管理层发生的变化催生了各种创新，例如人类的语言或人类与其他物种相比占身体比重更大的大脑。

同源基因（*HOX genes*）是人体和大部分动物体的最高层建筑管理者。当同源基因被突变破坏后，可能会导致果蝇的腿长到头上。尽管细菌无腿也无头，但有些细菌却能变成坚韧不催的时间胶囊，在困难时期保持蛰伏状态以保生存。监控细菌这种变化过程的管理者基因也正是同源基因的远方表亲。

基因社会如何招募新成员呢？第八章解释了这个过程：基因社会复制已有基因，让新的拷贝发展出与原始基因不同的新功能。因此，我们基因组中很大一部分都是其他基因的“修订版”。这种复制模式极其成功，例

^① 原文为“chuman”，此为作者在本书中新创词，用“chimpanzee（黑猩猩）”和“human（人类）”两个词结合而成。

如色觉基于的是来源于同一基因的三个拷贝，而嗅觉基于的是来源于同一基因的数百个拷贝。细菌也经常使用类似的策略来扩张其基因社会——它们会复制其他细菌基因组中的基因，这也算是一种知识产权剽窃吧。如此，细菌可以吸纳新成员至其基因社会，从而产生抗生素耐药性或迅速利用新的能量来源。

基因社会可分化以形成新物种，基因社会也可以相互融合——这会带来不错的效果。在第九章里我们可以看到，我们的细胞实际上是由两种不同的细菌经过十亿年的融合而形成的产物。在这一共生关系中，相融合的基因社会所演化的方向是其上一代所无法企及的。人体中的任何细胞基本上都只是一种细菌（古细菌，archaebacterium）的放大版本，而古细菌则容纳了许多另一种类的细菌（真细菌，eubacteria）以获取能量。通过十亿年的密切接触，房客细菌的基因组很好地融入了房东细菌的基因组中。与成功的企业合并案道理相同，融合后的整体要比其各部分总和更有力量。

不劳而获者必然是社会的毒瘤。如第十章所述，基因社会里各种各样的不劳而获者在过去 40 亿年中利用细胞的生命形式得以存活。这种行为对基因社会的影响之一体现在人类基因组的过大规模上。多种能够在基因组中复制粘贴自身的基因让整个基因社会不堪重负，这些基因对人类生存并无裨益，却仍旧留存在基因社会中。

这种不劳而获的现象十分普遍：正是由于这样寄生式的基因序列，洋葱基因组的规模是人类基因组的五倍。病毒的祖先（所有不劳而获者之母）一定将第一批简单有机分子进行了融合，有可能正是那些在 40 亿年前聚集

在深海火山口周围岩洞内的简单有机分子。

这些只是本书接下来内容的大致框架。若想品读详细内容，请您继续阅读。

目录
THE
SOCIETY OF GENES



前言

序

第一章 **八步轻松演化成癌** 1

基因组疾病 5

癌症的愿望清单 17

叛变的基因组 19

也说基因 25

进一步，退一步 26

第二章 **你的对手定义了你** 29

基因社会 30

记仇的细菌 33

随机档案照生成器 40

达尔文会怎么做? 46

双面间谍和长颈鹿宝宝 49

拉马克和母乳 52

第三章 **性有何用？** 55

性的益处：除了显而易见的好处，还有…… 56

性是平等的 62

豪赌和大老千 69

这和你无关 74

性的基因组战争 75

第四章 **克林顿悖论** 81

出入非洲 84

尝得到、看得见的演化 91

幸运基因 96

非洲的基因宝库 100

超越基因 102

第五章 **复杂社会中的随性基因** 105

嘿，豌豆 107

连坐 109

忒修斯之船 113

“随便”的细菌团队 117

灵丹妙药 120

第六章	猩人的世界	123
	变化不定的基因组	127
	卡住锁的钥匙	130
	一次感人至深的合家团聚	134
	比性更好	138
	要性，不要战争	141
第七章	关键是你怎么用	145
	大声表达	147
	大脑理论	151
	基因开启键	154
	主控者和带来希望的怪物	160
第八章	剽窃、模仿和创新之源	167
	以眼还眼	169
	全部家族成员	176
	基因社会的乐高玩具套装	181
	进出口业务	183