



科技部科技计划科普化示范项目
北京市科学技术委员会科普专项资助



基因的故事

(第2版)

解读生命的密码

陈润生
刘 夙 著

.....
THE SAGA OF GENES
HOW TO CRACK
THE CODE OF LIFE

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS





基因的故事

(第2版)

解读生命的密码

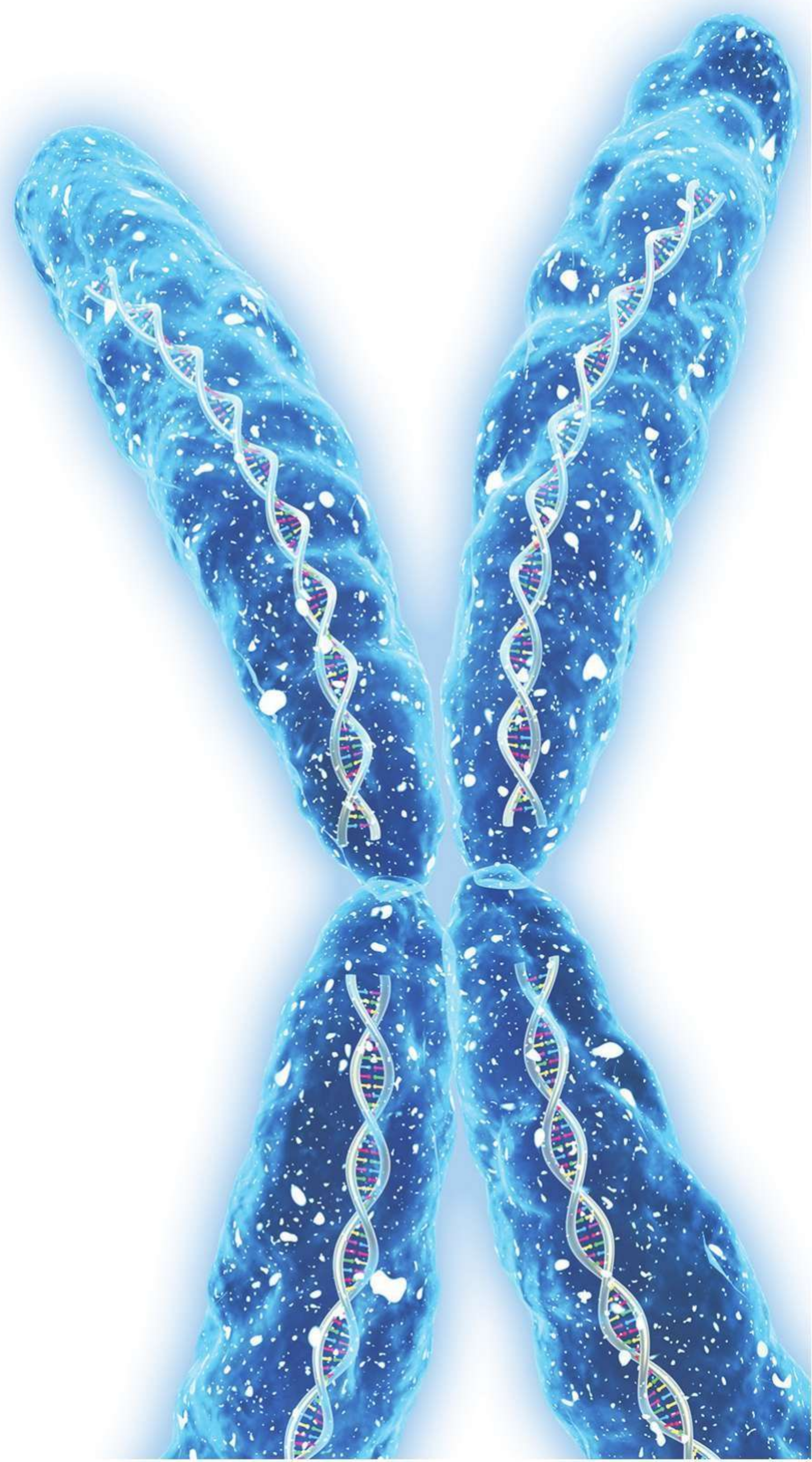
陈润生

刘 夙 著

THE SAGA OF GENES

HOW TO CRACK
THE CODE OF LIFE

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

基因的故事：解读生命的密码 / 陈润生，刘夙著 . —2 版 . —北京：北京理工大学出版社，2018.1

（芦笛曲丛书）

ISBN 978-7-5682-4955-3

I . ①基… II . ①陈… ②刘… III . ①基因—普及读物
IV . ① Q343.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 271008 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
(010) 82562903 (教材售后服务热线)
(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地大彩印有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 11.75

字 数 / 168 千字

版 次 / 2018 年 1 月第 2 版 2018 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 48.00 元

责任编辑 / 张慧峰

徐春英

文稿编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

《芦笛曲丛书》项目组

组 长 李 普
副组长 范春萍

成 员 （按姓氏汉语拼音排序，将不断有新成员加入）

陈润生 [*]	董光璧	樊潞平	高 山	郭光灿 [*]
郭艳玲	胡俊平	黄永明	霍裕平 [*]	姬十三
解思深 [*]	匡廷云 [*]	李喜先	李永葳	刘 茜
刘育新	刘 夙	罗 勇	欧阳钟灿 [*]	欧阳自远 [*]
邱成利	史 军	唐孝威 [*]	唐云江	武夷山
杨志坚	叶 青	尹传红	张家铝 [*]	钟 掘 [*]

主 持 范春萍 唐云江

注：标“^{*}”者为中国科学院或中国工程院院士

历久弥新，日新又新，惊赞敬畏

（代再版序言）

范春萍

“希尔伯特这个吹笛人所吹出的甜美芦笛声，吸引着无数老鼠跟着他投入了数学的深河。”希尔伯特(David Hilbert)的学生加传记作者外尔(Hermann Weyl)这轻轻一语，讲出了人类文明及科学进程中无比传神的故事，美妙诱人。“笛声”和“深河”的魅力百年萦绕，历久弥新。

我被这个带着情境和既视感的摄魂故事捕获，成为希尔伯特的一只另类老鼠，去鼓动科学家们吹笛子，或引进科学的迷人摄魂曲，然后助力传播。

这是我做科普图书出版的心路历程和内在动力，经我手出版的许多原创或引进版科普书，都若隐若现着“希尔伯特”们的悠扬笛声。

《芦笛曲丛书》是我于2006年在“科技部科技计划科普化示范项目”支持下开始策划组织、2007年正式启动的前沿科技科普丛书出版项目。当时策划了10本，我做策划编辑兼责任编辑，邀《科学世界》主编唐云江做丛书主持。

2008年底，我因工作调动离开出版社，项目进度受到影响。除2009年出版的《基因的故事：解读生命的密码》和《爱因斯坦的幽灵：量子纠缠之谜》、2010年的《再造一个地球：人类移民火星之路》之外，其余7本由于未达到我对芦笛摄魂度的预期而未能按期出版。之后，有的书稿返修，有的换选项、换作者，又由于作者们、主持人以及我自己新工作的忙碌而拖延下来。

毫不夸张地说，第一批出版的3本书无论从创意、内容还是行文质量都完全可以与国际上最好的科普书媲美。但是，出版之初3本书的命运却并不相同。大概与大众传媒世纪之交对“21世纪是基因科技的世纪”的渲染，以及我国新世纪航天工程的巨大成就有关，《基因的故事》《再造一个地球》两书一出版即获得广泛赞誉和各种奖项，进入各种发行推广目录、反复重印，而在专业圈子得到甚高评价的《爱因斯坦的幽灵：量子纠缠之谜》，却因公众离量子力学过远、基本没听说过“量子纠缠”而受到冷遇。

2007—2017年，是科学蓄力、技术爆发、科技指标翻天覆地般指数蹿升

的10年。10年间，与《基因的故事》相关的基因技术狂飙突进，基因治疗、基因编辑、基因工程等都取得巨大进展也遭遇巨大争议、引发更大关注。与《再造一个地球》相关的航天工程奇迹连连：欧洲航天局（ESA）的“罗塞塔号”（Rosetta）飞船2004年起经10年飞行，于2014年把“菲莱”（Philae）探测器送达“丘留莫夫－格拉西缅科”（Churyumov-Gerasimenko）彗星表面；美国航天局（NASA）的“新视野号”（New Horizons）2006年起飞经9年多飞行于2015年飞掠冥王星后飞向柯依伯带，2011年起飞的“朱诺号”（Juno）经近5年飞行于2016年进入木星轨道，1997年起飞的“旅行者1号”（Voyager 1）经40余年漫漫长途飞离太阳系磁场边界，1997年起飞的“卡西尼号”（Cassini）经6年多飞行于2004年抵达土星轨道、进行了13年多的探测工作后于北京时间2017年9月15日燃料将尽时、在科学家控制下坠入土星大气焚毁而演绎“壮丽终章”（Grande Finale）；多国争相探测月球，争相探测火星。更加可喜也令人震惊的是量子技术的突破，量子通信卫星、量子计算机等的成功，把“量子纠缠”这个连科学家都解释不清的“幽灵现象”推到了公众面前。

2017年，得到“北京市科普社会征集项目”的支持，《芦笛曲丛书》得以修订再版。这套书做的是前沿科普，首版时反映的就是直至出版之前的前沿发展状况。10年中各个领域都发生了很大变化，修订给了丛书继续跟上前沿的机会。这真是可喜可贺的大好事。

科学大神卡尔·萨根有言：“宇宙现在是这样，过去是这样，将来也永远是这样。只要一想起宇宙，我们就难以平静——我们心情激动，感叹不已，如同回忆起许久以前的一次悬崖失足那样令人晕眩战栗。”其实，自然和科学的各个领域无不如此。

大哲学家康德说过：“有两样东西，越是经常而持久地对它们进行反复思考，它们就越是使心灵充满常新而日益增长的惊赞和敬畏：头上的星空和心中的道德律。”只要留心阅读好书，美妙的自然、神奇的科学、精致的心灵，无不引发我们“日益增长的惊赞和敬畏”。

《基因的故事》《再造一个地球》《爱因斯坦的幽灵》3本书的再版开了个好头，以此为契机，我们将再度启动《芦笛曲丛书》，继续推出更多好书以飨读者。新启动的《芦笛曲丛书》由我和唐云江共同主持，张慧峰担任策划编辑。

2018年1月

总 序

今天，我们按动手机号码，可以和世界上任何地方的人通话；我们敲击电脑键盘，可以足不出户而知天下；我们开车行驶在大漠荒山，可以用GPS导航……科学已经无处不在，它改变着我们的生活，也改变着我们的思想和行为。

作为人类认识自然、与自然对话的一种方式，科学令人好奇和神往……

当早期的人类直面这个丰富多彩的世界的时候，世界混沌一片、浑然一体，一代一代的先辈，用观察、计数、分类、测量、计算、思辨、实验、解析、模拟……数不清的办法探索世界的奥秘，这也就是在各个时代有不同内容和不同表现形式的科学。

起源于生产实践，以技能技巧、经验积累为原初形态的技术，在当代社会与科学融为一体。

如今，科学技术作为人类社会实践的重要领域之一，成为复杂的巨系统工程，成为衡量一国综合国力的重要指标，成为推动社会进步的一种无与伦比的力量。科学需要全社会的理解、关注和参与，需要以公众科学素质的提高作为保障。

然而，科学也常使我们茫然和困惑：它带来的不都是福音，也有灾难和恐惧；同时，前沿科技发展越来越快，精深而艰涩，越来越远离我们的直觉和经验。加之科学的领域越来越宽，分类越来越细，甚至相同学科不同方向的科学家之间都很难明了对方的工作了。

巨大的鸿沟横亘于科学和人文之间，横亘于科学界与公众之间。

本丛书是国家科技部“科技计划科普化示范项目”，并入评“‘十一五’国家重点图书出版规划项目”。丛书旨在向公众普及前沿科学技术知识，使每年巨额投入的各类科技计划成果在提高国家科技水平和科技能力的同时，也能以科普的形式，让自主创新的成果进一步惠及广大公众，对提高公众的科学素质、促进公众理解科学、吸引公众关注以至投身科技事业有益。另外，通过示范项目，引导形成科学家关心公众科学素质、承担社会科普责任、热

心参与科普事业的氛围，在科学家、工程师中发现和培养科普作家，探索科学家、科普作家、出版机构三结合的科普创作新模式。

然而，科技的前沿在哪里？一日千里、艰深难懂的前沿科技何以科普？

前沿，像是科技疆域的地平线，你站得越高，地平线越绵长，线外的未知领域也越广阔。科技的脚步在前行，科技的疆域在拓展，前沿的领域在扩张……

如何从科学的腹地出发，沿着崎岖的小路，理清前沿的发展线索，抓住最重要的前沿领域，成为对丛书成败的第一个考验。

前沿科普与成熟知识科普的最大不同在于前沿是发展的，是每日每时都可能变化的。前沿科普的作者一定要是一线科研工作者或能够理解一线工作和科研进展的人。于是动员一线科学家参与丛书的写作成为对丛书成败的第二个考验。

这是一项行动，一项一线科学家参与科普，参与前沿科普的开风气之先的示范性行动。

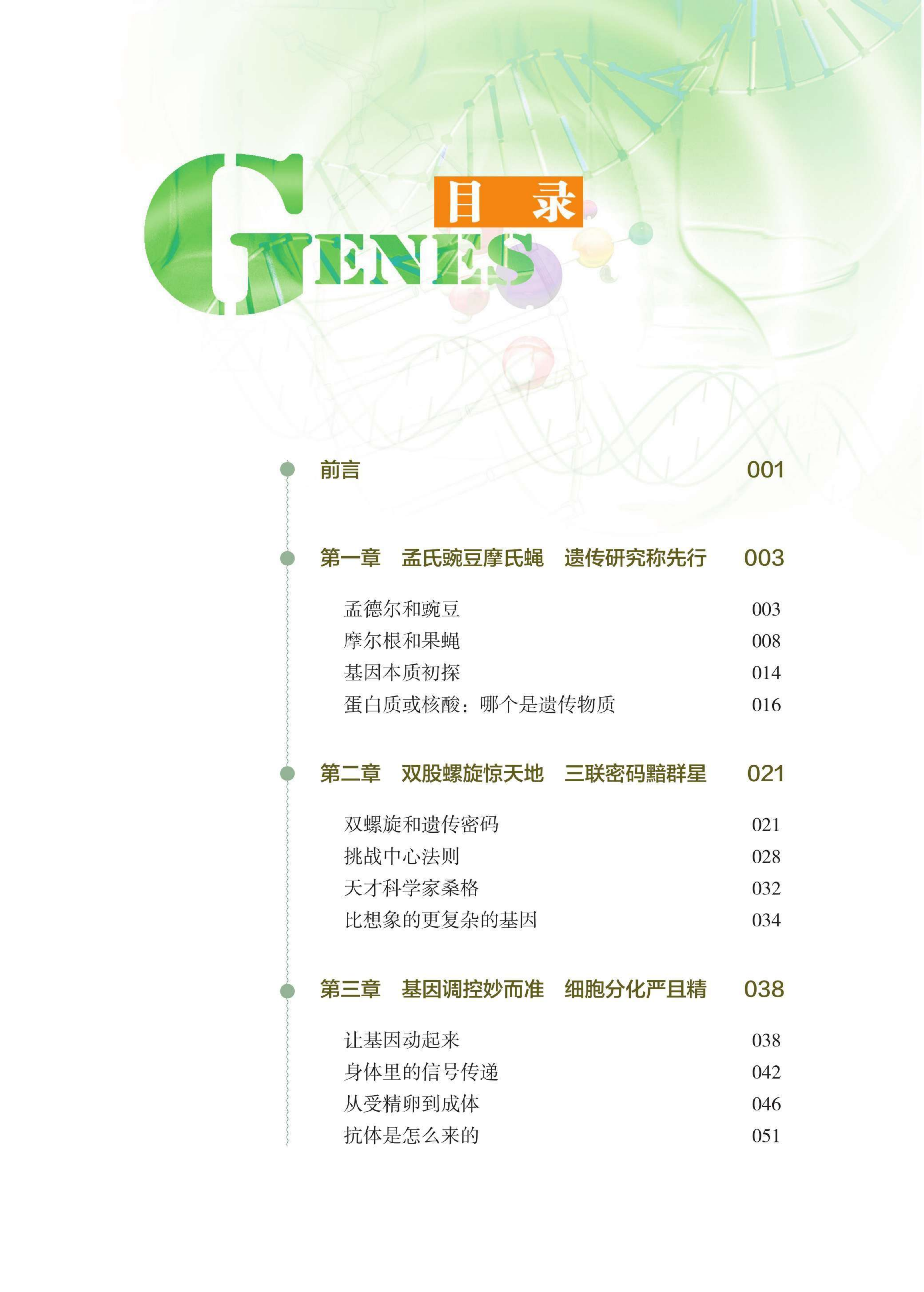
我们是幸运的，读者是幸运的。首批丛书有10位院士承诺参与，并积极投入到丛书特别是各自承担的分册的策划和著述中。

考虑到身处科研一线的院士们工作繁忙，我们为每一位院士挑选了一位科普助手，由两个人共同完成一本书的写作。两位作者思路、见解的融合，工作方式以及叙事、论理风格的互相接纳是对丛书成败的又一个考验。

更加幸运的是，试验取得了初步成功。丛书的前三本已经出版了，接下来还将有新书陆续出版。

这套丛书设定为一套开放的书系，将不断有新书加入。在此，诚邀广大一线科研工作者加盟著述（可以是一线科研人员个人独立著述，也可以是一位一线科研人员与一位科普作者合作著述），使丛书所覆盖的前沿领域越来越宽广，为读者提供更多的精神食粮。

正如数学家外尔所言：“希尔伯特这个吹笛人所吹出的甜美的芦笛声，吸引着无数老鼠跟着他投入了数学的深河。”我们也希望这套丛书能像一支支芦笛曲，催生出读者对科学的向往和追随……



目 录

GENES

前言	001
----	-----

第一章 孟氏豌豆摩氏蝇 遗传研究称先行	003
---------------------	-----

孟德尔和豌豆	003
--------	-----

摩尔根和果蝇	008
--------	-----

基因本质初探	014
--------	-----

蛋白质或核酸：哪个是遗传物质	016
----------------	-----

第二章 双股螺旋惊天地 三联密码黯群星	021
---------------------	-----

双螺旋和遗传密码	021
----------	-----

挑战中心法则	028
--------	-----

天才科学家桑格	032
---------	-----

比想象的更复杂的基因	034
------------	-----

第三章 基因调控妙而准 细胞分化严且精	038
---------------------	-----

让基因动起来	038
--------	-----

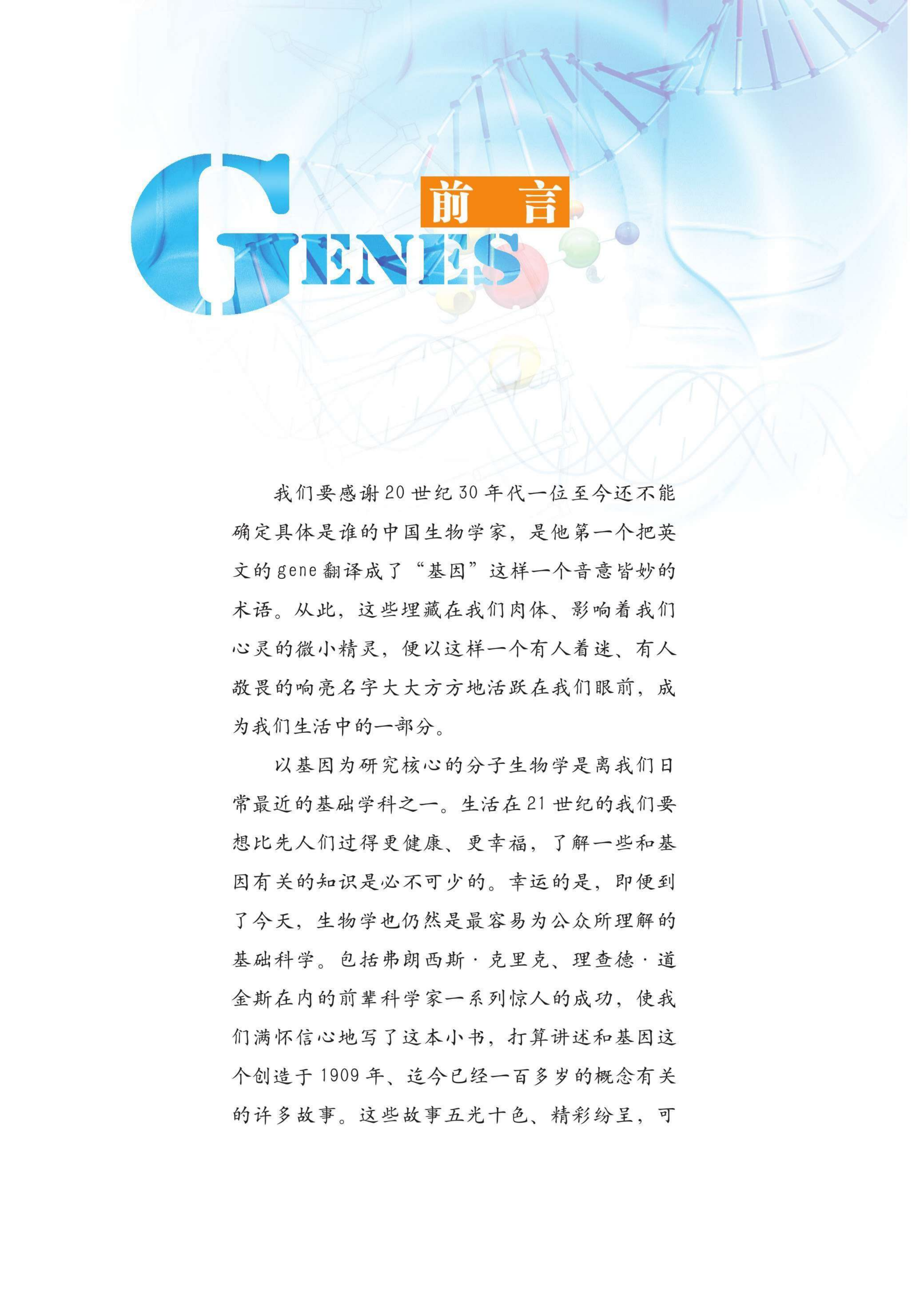
身体里的信号传递	042
----------	-----

从受精卵到成体	046
---------	-----

抗体是怎么来的	051
---------	-----

●	第四章 核糖核酸亦非凡 远古时代本雄英	056
	RNA：又一群多面手	056
	和蛋白质争当基因调控者	060
	重新审视非编码 DNA	065
	先有核酸还是先有蛋白质	068
●	第五章 公私竞争成伟业 天书字字得誉清	072
	一场抄录人类基因“全书”的竞赛	072
	人类基因组探秘	076
	“末日”基因库	081
	想知道你的基因组吗	085
●	第六章 魔剪剪出转基因 工业农业掀革命	089
	天然存在的“转基因”	089
	“魔法剪刀”掀革命（上）	092
	“魔法剪刀”掀革命（下）	096
	备受争议的转基因作物	101
	人造生物时代还有多远	104
●	第七章 胖瘦强弱皆有由 人性一半由天赠	109
	基因“掌纹”图	109
	胖人、烟民和基因	111
	基因兴奋剂	116
	基因决定命运？	119
●	第八章 代代传病如梦魇 新型疗法初试用	124
	揭秘遗传病	124

基因疗法的是是非非	129
2006：基因疗法重新上路	133
胚胎干细胞风波	135
● 第九章 肿瘤成因有新说 抗癌妙想齐出动	140
肿瘤是怎么来的	140
疯狂的永生	145
肿瘤干细胞认识史	147
基因组时代的肿瘤疗法	152
● 第十章 生命之树重绘制 人类思想升新境	156
谁是最古的生物	156
三条大道，各走一端	161
重建生命之树	165
人类的由来	168
● 后记	174



GENES

前言

我们要感谢 20 世纪 30 年代一位至今还不能确定具体是谁的中国生物学家，是他第一个把英文的 gene 翻译成了“基因”这样一个音意皆妙的术语。从此，这些埋藏在我们肉体、影响着我们心灵的微小精灵，便以这样一个有人着迷、有人敬畏的响亮名字大大方方地活跃在我们眼前，成为我们生活中的一部分。

以基因为研究核心的分子生物学是离我们日常最近的基础学科之一。生活在 21 世纪的我们要想比先人们过得更健康、更幸福，了解一些和基因有关的知识是必不可少的。幸运的是，即便到了今天，生物学也仍然是最容易为公众所理解的基础科学。包括弗朗西斯·克里克、理查德·道金斯在内的前辈科学家一系列惊人的成功，使我们满怀信心地写了这本小书，打算讲述和基因这个创造于 1909 年、迄今已经一百多岁的概念有关的许多故事。这些故事五光十色、精彩纷呈，可

以告诉大家分子生物学家们为了追求科学真理、改善人类生活都做过什么，现在还在做着什么。

近几十年来，人们对基因的认识之深、之广，已远非 100 年前可以相比。很多曾经被我们视为常识的东西，在今天都遭到新研究的质疑，甚至被彻底推翻。癌症是怎么引起的？智力会遗传吗？地球上最古老的生命是什么？人类从哪里起源？这些问题在今天的回答，已经和三四十年前大不相同了。正是有了这些崭新的认识，像生物工程、医学、农学这样的应用科技，才能在近年和可预计的将来同样发生翻天覆地的变化。

你是想等这些翻天覆地的变化——比如根据基因计算保险金，用自己身上的细胞造出器官自体移植，在超市买到带有胡萝卜和大豆基因的大米——突如其来降临身边时悚然惊立，还是想在它们到来之前就了解其背后的奥妙，然后笑待奇迹如期而至，或干脆亲身参与这壮阔的伟业？如果你的选择是后者，那么希望这本小书可以助你一臂之力！

GENES

第一章

孟氏豌豆摩氏蝇 遗传研究称先行

孟德尔和豌豆

1859 年 11 月 24 日，英国伟大的生物学家查尔斯·达尔文（Charles R. Darwin）在伦敦出版了《物种起源》，这是一部系统地论述进化论和自然选择的巨著，第一版 1 250 册，出版当天就被抢购一空。后世公认，这部书是一座光辉的里程碑，它的问世标志着现代生物学的诞生；但在当时，很多人却觉得它是一声可怕的炸雷，整个欧洲都为之震惊和不安。达尔文一下子成了西方社会万众瞩目的焦点，世人的非议，潮水般向他涌来。

这个时候，在奥匈帝国布隆（Brünn，今捷克共和国布尔诺）的一座天主教修道院里，一位默默无闻的修道士格里高尔·孟德尔（Gregor J. Mendel）已经将他的豌豆实验做到

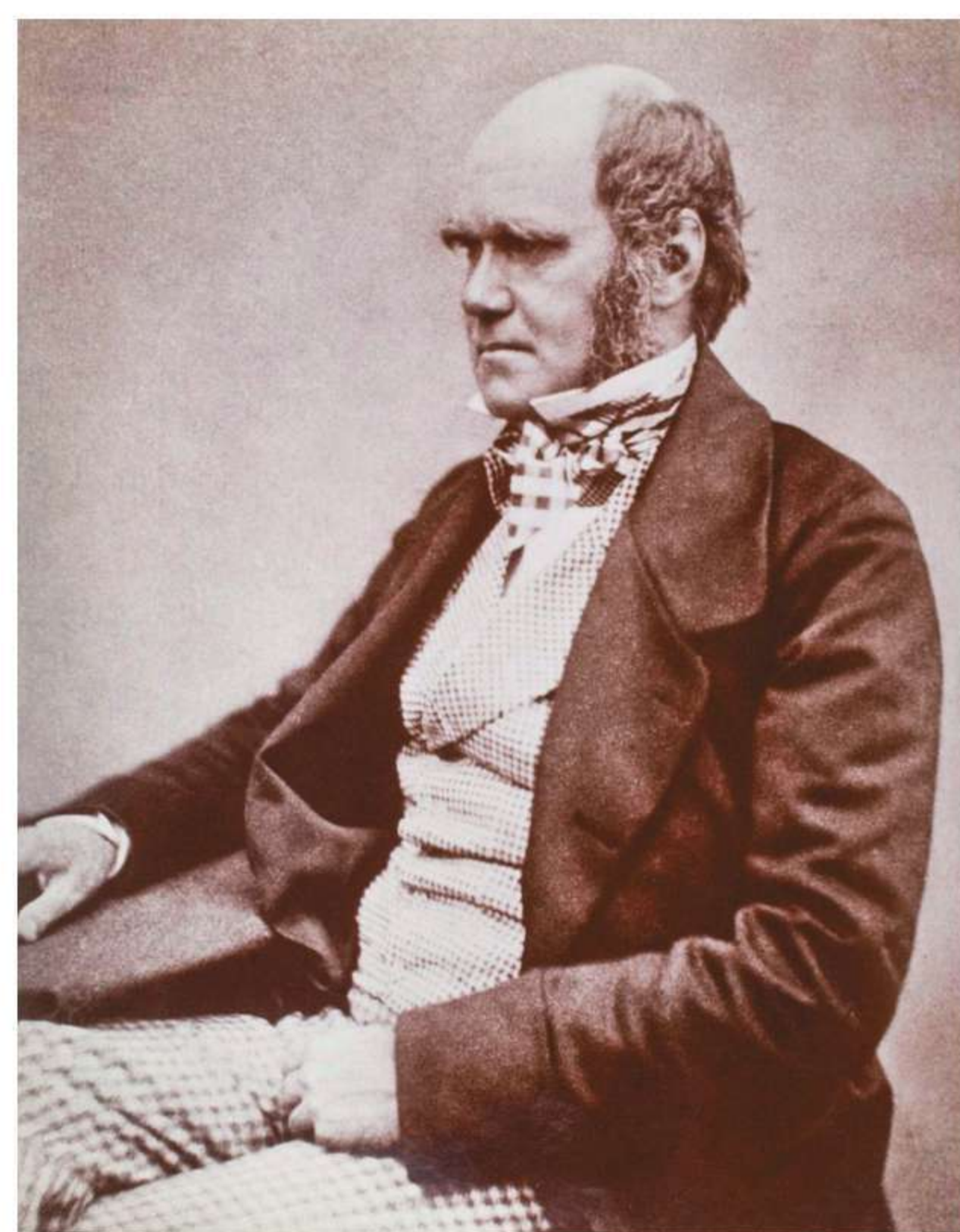


图 1.1 达尔文像

摄于 1859—1860 年间，达尔文时年 50 岁。

了第四个年头。孟德尔的实验看起来很简单：每年4、5月份，是草长莺飞的时节，也是豌豆的花期，在花蕾还未开放之时，用袋子把一些花包起来，这样它们就和别的花隔离开来，雌蕊的柱头只能接受同一朵花的雄性生殖细胞（包含在花粉之中），进行自花授精——这在遗传学上叫“自交”；再小心地把另一些花

里的雄蕊去掉，等它们开放的时候，用其他植株的花粉来为它们授精——这在遗传学上叫“杂交”。如果每次都要对成百上千的植株重复这两项简单的操作，那就成了一项枯燥、机械的工作。令人钦佩的是，任劳任怨的孟德尔，一干就是8年。

1865年，孟德尔总结了他的豌豆实验结果，在当地的一次学术会议上作了报告；第二年，由这篇报告改写而成的论文正式发表。孟德尔在论文中展示了他发现的有趣结果：豌豆种子有些是黄色、有些是绿色，这两种颜色是一对“势不两立”的性状。纯种的黄色豌豆，一代代自交下去，所得的种子都是黄色；纯种的绿色豌豆，自交所得的种子则都是绿色。但如果把这两种豌豆杂交，所得的子一代种子全是黄色的，绿色性状似乎消失了；而如果再把这些杂交种子种下去，并让每一株自交，所得的子二代种子里面却又出现了绿色的，且数目正好是子二代中黄色种子的1/3。

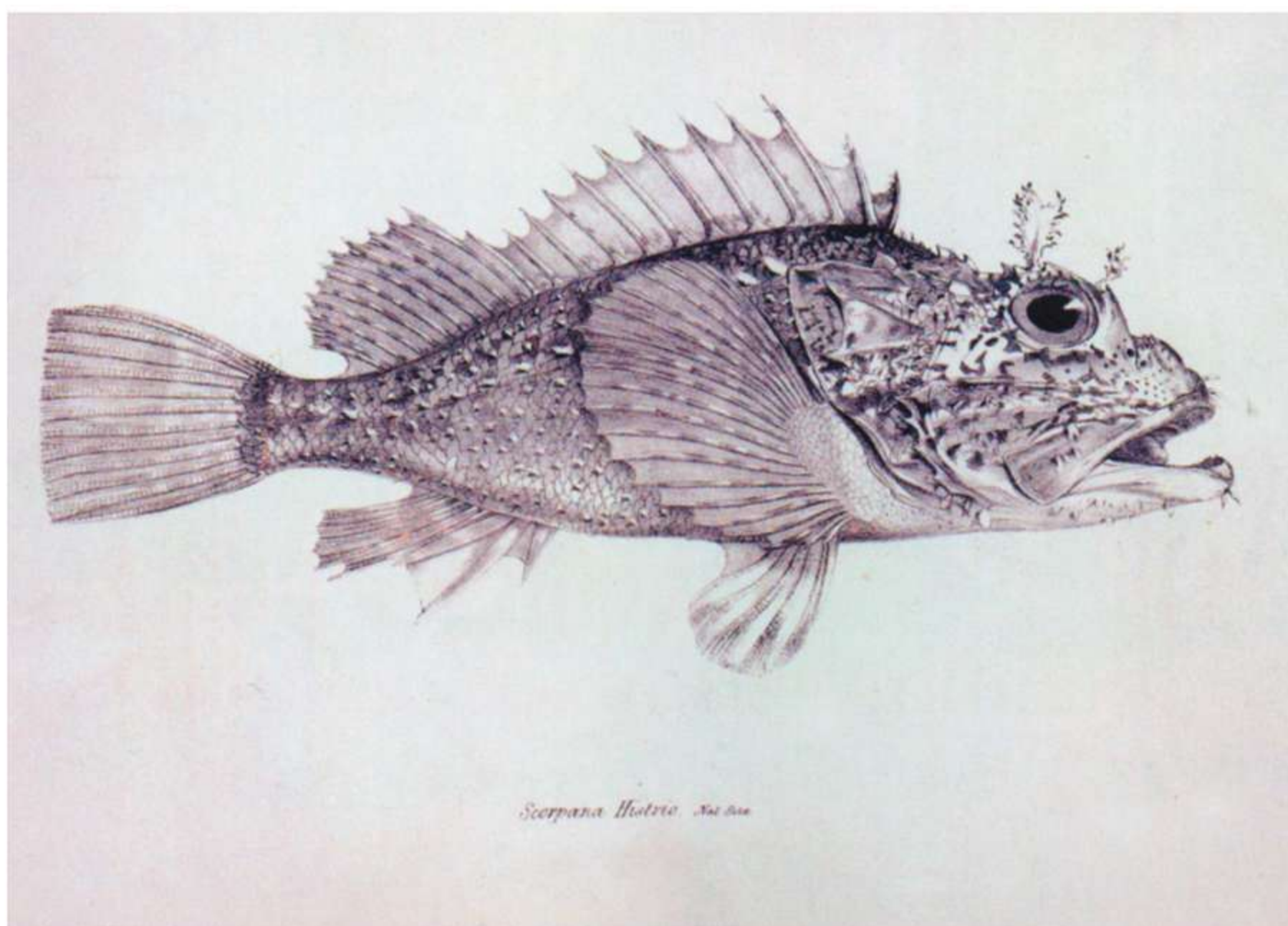


图 1.2

达尔文在“贝格尔”号航行中的画作之一，在《“贝格尔”号航行的动物学》中发表。这是一种南美洲的鱼。引自《科学的历程》（吴国盛著，北京大学出版社，2002年）

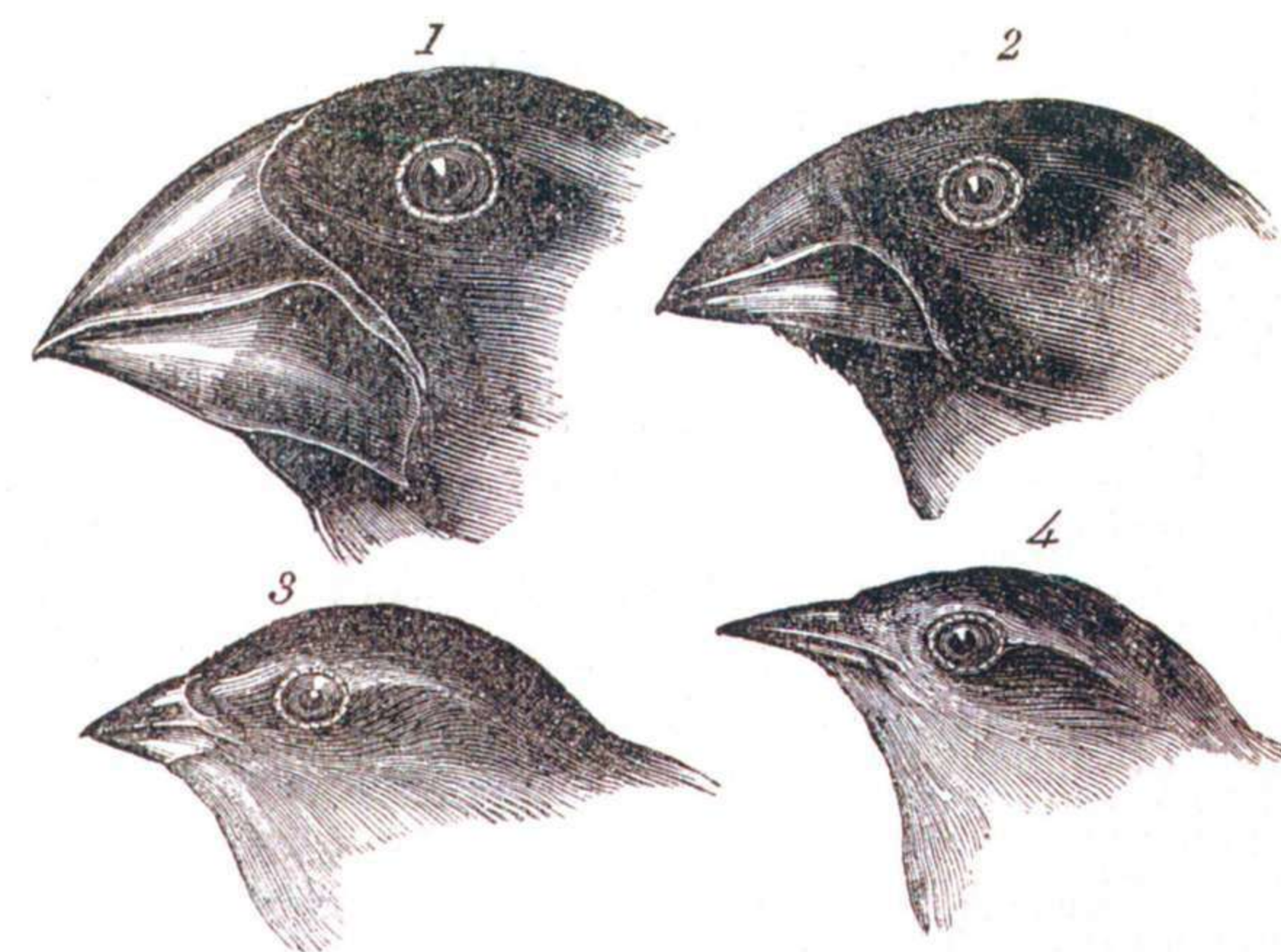


图 1.3

达尔文在加拉帕戈斯岛上观察的四种雀类，它们的喙适合不同的觅食技术，它们的相似性使达尔文相信它们一定来自一个相同的祖先。引自《彩图世界科技史》（彼得·惠特菲尔德著，科学普及出版社，2006年）

无独有偶，豌豆种子的饱满形态（圆粒）和皱缩形态（皱粒），也是这样一对“势不两立”的性状。纯种圆粒和纯种皱粒杂交，子一代都是圆粒；子一代再自交，子二代里便又出现了皱粒的，它的数目也正好是子二代中圆粒种子的 $1/3$ 。

孟德尔猜测，在豌豆体内一定存在一些未知的因子，决定着它的各种性状，而且一对性状是由一对因子决定的。在开花的时候，这对因子发生分离，雄蕊的花粉和雌蕊的胚珠（种子的前身）各只含有一个因子；授精之后，花粉的因子和胚珠的因子又结合在一起，这样，下一代就有了一对因子，一个来自父本，一个来自母本。

就拿种子颜色来说吧。纯种黄色豌豆含有一对黄色因子，纯种绿色豌豆含有一对绿色因子。当它们杂交时，一个黄色因子和一个绿色因子结合，但是黄色因子总是“压制”绿色因子，所以

孟德尔生平

孟德尔于 1822 年 7 月 20 日出生于奥匈帝国海因岑多夫（Heinzendorf，今捷克共和国欣奇策 Hynčice）。他从小就对自然科学表现出浓厚的兴趣，但由于家境贫穷，在上完中学之后无力进大学深造，只好听从他人的建议，在布尔诺修道院当了一名修道士以糊口。但是孟德尔对科学的爱好始终不减，曾经两次试图考取科学教师资格证书，却因为种种原因都以失败告终。1868 年，孟德尔被选为布尔诺修道院院长，从此把精力逐渐用于行政事务，因而放弃了科学研究。1874 年，奥匈帝国政府新颁了一项专门针对修道院的严苛税法，孟德尔对此表示强烈抗议，也因此使自己在修道院陷于孤立。1884 年 1 月 6 日孟德尔逝世，继任的修道院院长烧毁了他的全部遗稿，给科学史研究造成了无法弥补的巨大损失。



图 1.4 孟德尔像

子一代都是黄色。在遗传学上，就说黄色是“显性”，绿色是“隐性”。这些杂种子一代在产生花粉和胚珠时，黄色因子和绿色因子发生了分离，花粉和胚珠各有一半携带一个黄色因子，另一半携带一个绿色因子。于是，在授精之后，就形成了3种情况：两个黄色因子配对，一个黄色因子和一个绿色因子配对，两个绿色因子配对，其比例是1:2:1。前两种情况的子二代种子都是黄色，后一种则是绿色，所以子二代里黄色种子和绿色种子的比例是3:1。这个规律，后来被叫做孟德尔第一定律（又叫基因的分离定律）。

为了验证这一假说，孟德尔设计了好几种测试实验，其中最重要的一种是这样的：把纯种的黄色圆粒植株和绿色皱粒植株杂交，因为黄色对绿色来说是显性，圆粒对皱粒来说也是显性，所

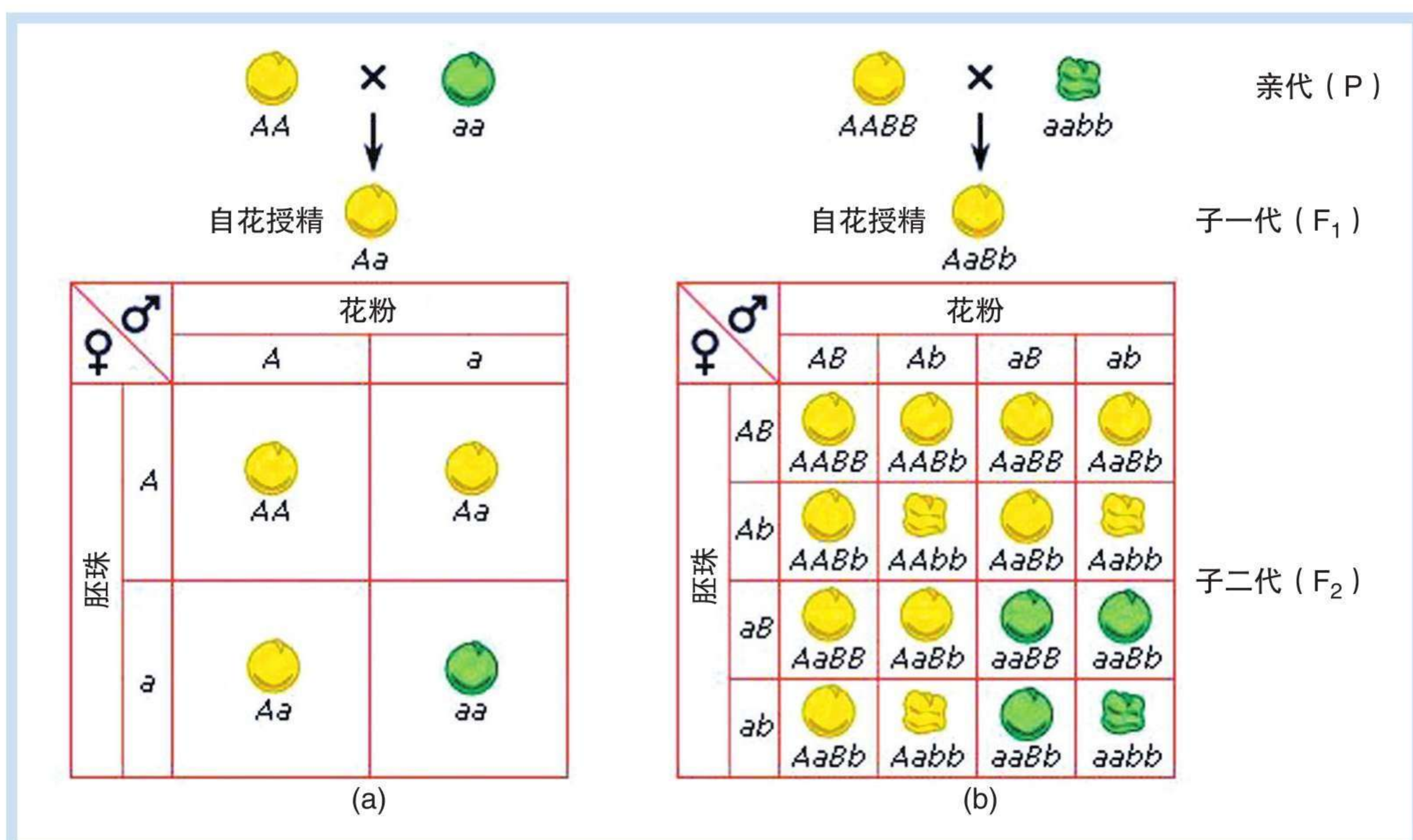


图 1.5 孟德尔定律图解

(a) 如果用 A 表示豌豆种子为黄色，a 表示豌豆种子为绿色，那么纯种黄色豌豆的“基因型”就是 AA，纯种绿色豌豆的基因型则是 aa。它们杂交所得的“子一代”的基因型都是 Aa，因为 A 对 a 是显性，所以子一代种子全都是黄色。因为基因的分离，子一代自交产生的“子二代”里面出现了 AA、Aa 和 aa 3 种基因型，比例为 1:2:1。(b) 如果用 B 表示豌豆种子饱满，b 表示豌豆种子皱缩，那么纯种黄色圆粒豌豆的基因型就是 AABB，纯种绿色皱粒豌豆的基因型则是 aabb。它们杂交所得的子一代的基因型都是 AaBb，因为 B 对 b 也是显性，所以子一代种子全都是黄色圆粒。子一代自交产生的子二代里面则出现了 9 种不同的基因型，说明 A/a 和 B/b 这两对性状是独立遗传、自由组合的。