

Bright Day
当代华兴



分形学

尼格尔·高尔顿 著
Nigel Lesmoir-Gordon

威尔·鲁德
Will Rood

拉斐尔·艾德内 图
Ralph Edney

杨晓晨 译

李响 审校



当代中国出版社
Contemporary China Publishing House

介绍丛书
INTRODUCING

用最轻松 最短的时间 介绍你不熟悉的知识
全球累计发行量已突破500万

分形学

FRACTALS

尼格尔·高尔顿 威尔·鲁德 著

拉斐尔·艾德内 图

杨晓晨 译

李响 审校



当代中国出版社
Contemporary China Publishing House

图书在版编目 (CIP) 数据

分形学/(美) 尼格尔·高尔顿, 威尔·鲁德著; 杨晓晨译.—北京:
当代中国出版社, 2013.2

ISBN 978-7-5154-0240-6

I. ①分… II. ①高… ②杨… III. ①分形学 IV. ①0415.5
②G0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 027051 号

INTRODUCING FRACTALS: A GRAPHIC GUIDE Copyright © 2000 TEXT BY NIGEL
LESMOIR -GORDON AND WILL ROOD, ILLUSTRATIONS BY RALPH EDNEY This
edition arranged with Icon Books Ltd. c/o The Marsh Agency Ltd. through BIG APPLE
AGENCY, INC., LABUAN, MALAYSIA. Simplified Chinese edition copyright: 2014
Bright-Day Media Co., Ltd. ALL RIGHTS RESERVED.

© 2014 中文简体字版专有出版权属北京当代华光文化传媒有限责任公司
未经版权所有人书面同意, 不得以任何手段复制本书任何部分。
版权合同登记号 图字: 01-2013-0331

出 版 人 周五一
统筹策划 闫力平
责任编辑 闫力平
特约编辑 谢中焱
责任校对 康 莹
封面设计 孙 瑶 中 山
出版发行 当代中国出版社
地 址 北京市地安门西大街旌勇里 8 号
网 址 <http://www.ddzg.net> 邮箱: ddzgcs@sina.com
邮政编码 100009
编 辑 部 (010) 66572264 66572132 66572154
市 场 部 (010) 66572281 或 66572155/56/57/58/59 转
印 刷 北京润田金辉印刷有限公司
开 本 880×1230 毫米 1/32
印 张 6.25 印张 插图 195 幅 153 千字
版 次 2014 年 1 月第 1 版
印 次 2014 年 1 月第 1 次印刷
定 价 30.00 元

版权所有, 翻版必究; 如有印装质量问题, 请拨打 (010) 66572159 转出版部。

中文版序

我们都知道，点、线、面、体的维度是0、1、2、3，都是整数，那么有没有维度不是整数的几何形状呢？

我们都知道，三角形、四边形、圆形都可以通过尺子量出周长，不管这把尺子最小刻度是厘米还是毫米，可是为什么会有人说用不同刻度的尺子量英国海岸线的长度得到的结果是不一样的呢？

宇宙中壮丽的星系、大地上参天的巨木、动物身体绚丽的毛皮、人体繁复的毛细血管系统、飘荡在天际美丽的雪花有什么几何共性呢？

带着这些问题，让我们也一起走进分形学这个神奇的世界。

我们的生活中时时处处都能见到分形，现代科学中分形的概念也早已渗透到各个学科中，化学、生物、医学、地理、地质、材料科学、计算机科学甚至经济学、哲学、社会科学和艺术作品中都离不开分形。正如英国物理学家惠勒^①所言，“谁不知道分形概念，便不能称为有知识。”

这本《介绍——分形学》，出自分形极客之手，深受国外读者青睐！本次由专业人士联手担当翻译和审校，相信能给读者带来新的享受——易读、图形化、生动、有趣——来认识这门有趣的学科。

分形学让人们学会用另一种眼光看世界，结合了简与繁、
统一了数学与艺术，交融了偶然与必然。

杨晓晨

FRACTALS

分形学

目 录

为什么要了解分形？	1
世界是光滑的还是粗糙的？	2
现实的材质	4
分形的起源	6
经典几何学	7
微积分	8
无限小的悖论	10
微积分的作用	11
第一个分形图案	12
什么是数？	13
坚实的基础和集合	14
什么是集合？	15
康托和连续统	16
康托集	18
皮亚诺空间填充曲线	20
拓扑学维度和分形维度	22

自相似性	23
科赫曲线	24
相似维度	25
相似性与分形维度	26
测量分形维度	28
李维斯·F·理查德逊	30
海岸线有多长?	32
谢尔宾斯基地毯	36
混沌游戏	41
奇异吸引子	43
帕斯卡三角形	44
吸引形成的盆地	46
庞加莱和非线性	48
马尔萨斯和人口增长	50
负反馈	51
Logistic 差分方程	52
迭代	53
图像反馈	54
罗伯特·梅和费尔哈斯特模型	56
分叉点	57
阶段倍增级联	58
树状图	59
混沌理论以及分形	60
费根鲍姆常数	62
实数, 其他数	64
复数	65
复平面	66
加斯頓·朱利亚和皮埃尔·法图	68
伯努瓦·曼德勃罗	71
索列姆叔叔	72
实际的教育	73
物体的形状	74
布尔巴基的诡计	76
又搬家了……	77

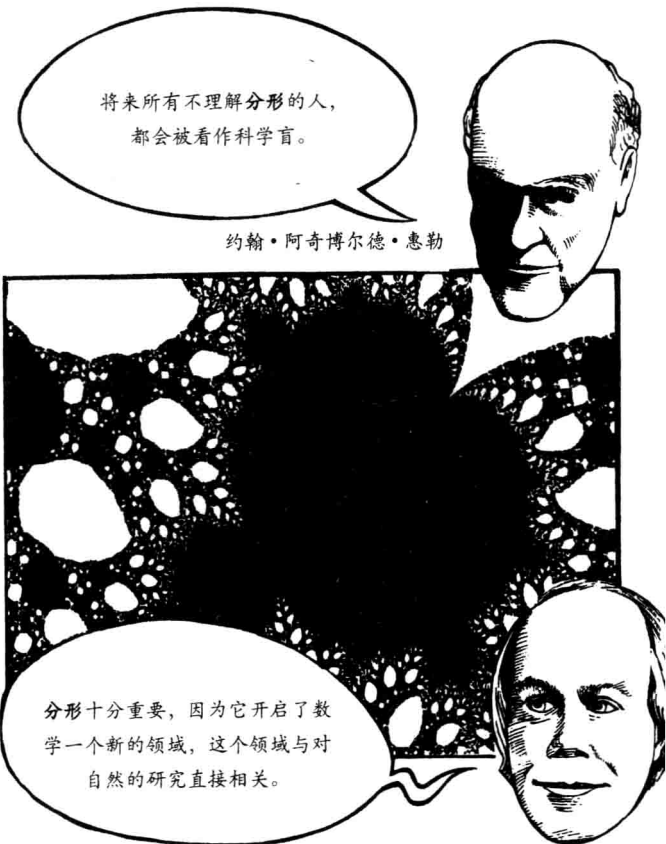
越多越好	78
逐渐浮现的图形	79
实际中的分形	80
坏噪声	81
以分形分布存在的错误	82
普遍性原则出现了	83
最简单的变换	84
两种类型的朱利亚集	86
朱利亚集的地图	88
一个全新的世界	89
简单的规则，复杂的性态	92
牛顿定律与混沌	93
我们得承认——这很复杂	94
相位变换	96
计算的模糊地带	97
皱褶的数学	98
自然模板	99
森林火灾：边界也是分形的	100
更多的相位变换	101
电镀分形	102
黏性指进	103
聚集生长	104
布朗运动和量子的世界	105
维度的魔法	106
四分之三幂律	108
神秘的大脑	110
理解上帝的思维	111
分形和医学研究	112
病毒和细菌	113
AIDS	114
检测癌症	115
乳腺癌	116
骨骼结构骨折	117
分形的心跳	118

切实的解决方案	119
敲打石油	120
弹簧行业	122
应力负荷	124
检测	125
分形生态学	126
兰花分形和人群	128
奥伯斯悖论	130
巨壁	132
大爆炸	134
宇宙间的联系	136
眼睛是如何工作的	137
分形图形压缩	138
仿射变换	139
形态发生	140
卫星	141
金融市场	142
那么规则是什么?	144
市场的自仿射性	146
生成子	148
投资组合理论之外	150
多分形图案	151
艺术中的分形——曼陀罗	152
装饰图案: 自相似性	154
尺度变换和重复	156
地形中的线索	158
音乐中的分形	159
现代建筑的功能失调	160
有机建筑	161
分形的传统	162
细节的力量	163
分形	164
你往何处去?	166
并不是所有人都同意这一说法……	167

曼德勃罗的特殊才能	168
这里存在秩序	169
注释	170
拓展阅读	184
致谢	186
译后记	187

为什么要了解分形？

约翰·阿奇博尔德·惠勒（John Archibald Wheeler，生于1911年）是量子物理学先驱**尼尔斯·波尔（Niels Bohr）**^①的门生，也是阿尔伯特·爱因斯坦的好友，他一直活跃在20世纪物理学、天文学和量子理论领域的前沿。**伊恩·斯图尔特（Ian Stewart）**是**华威大学（Warwick University）**一名受人尊重的数学家。这两位学者都认为，分形几何学对于我们理解现实世界而言，无疑是一项具有突破性意义的学科。



将来所有不理解分形的人，
都会被看作科学盲。

约翰·阿奇博尔德·惠勒

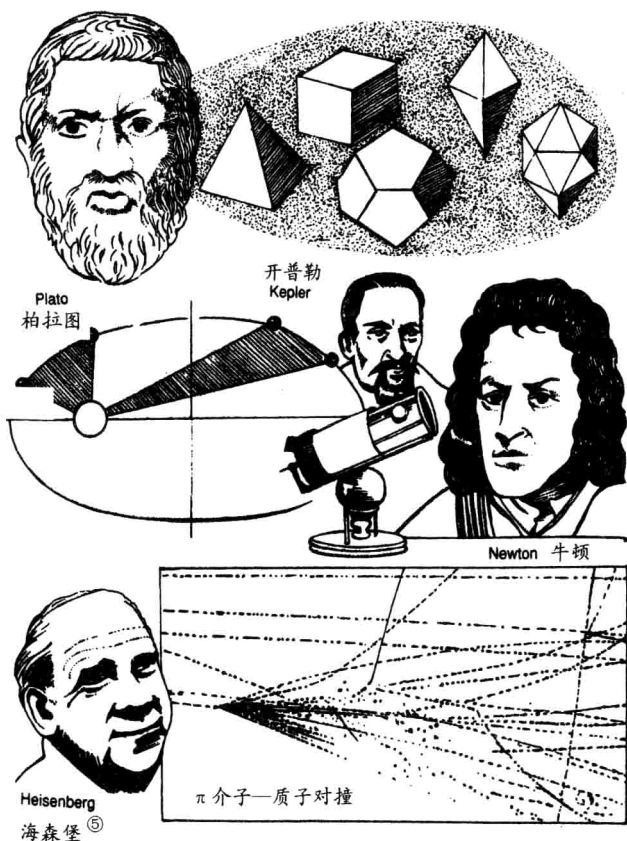
分形十分重要，因为它开启了数学一个新的领域，这个领域与对自然的研究直接相关。

伊恩·斯图尔特

世界是光滑的还是粗糙的？

“柏拉图^①（Plato）试图用五种基本的规则形体解释大自然，牛顿和开普勒（Kepler）^②则将柏拉图的圆形变成了椭圆形。现代科学将柏拉图的形体分解为粒子和波，并且将牛顿和开普勒提出的曲线化为相对概率——但这些概念仍然是平滑的线条。而今，距柏拉图两千年，牛顿三百年，伯努瓦·曼德勃罗^③（Benoît Mandelbrot）建立了与规则运动规律并驾齐驱的新理论。”

——波士顿大学物理学系多聚体研究中心尤金·斯坦利^④（Eugene Stanley）教授。





我们生活的自然界并不是边缘平滑的，实际世界中充满了粗糙的边缘，自然界中极少存在平滑表面。但是，我们却接受了一种只能描述真实世界中罕见甚至不存在的物体形状的几何学。欧几里得几何学描述了理想形状——球形、圆形、立方体、正方形。现在这些形状的确存在于我们的生活当中，但是它们大部分是人造的，并不是天然存在的。

现实的材质

自然中存在大量不规则形状和不平滑的边缘。以人体为例，人体中存在大量的对称构造，然而人体的轮廓却很难用欧几里得几何学^①的基本形状描述。很久以来，在科学的词汇库里，很难找到合适的词汇描述现实世界里的形状和物体。





……是探讨自然界中破碎、褶皱、不光滑的形状的几何学，它与欧几里得几何学中的理想形状差异很大。

分形几何学 (fractal geometry) 是自然世界的几何学，是关于动物，植物和矿物的几何学……



伯努瓦·曼德勃罗在1975年创造了“分形” (fractal) 这个词，用以描述自然界中各个尺度上都存在着细节信息的形状。他创造这个词来自拉丁语“碎片” (fractus)，提示了这个词汇反映了破碎、片段和不连续性。

分形几何学是描述我们在自然界中观察到的不规则形状的几何学。一般来说，分形反映了无限的细节、无限的长度和不光滑的特性，或者说不能求导。

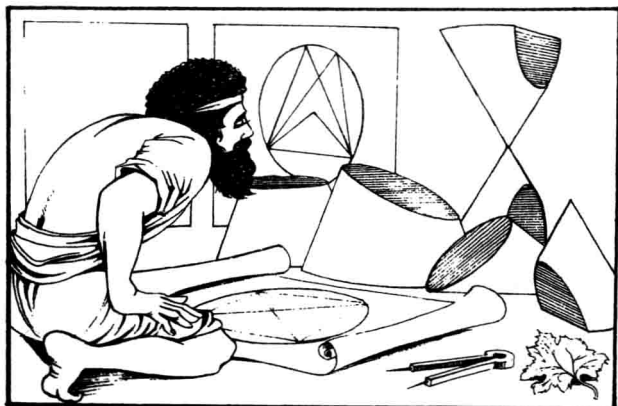
分形的起源

分形几何学是经典几何学的拓展。这一学科并没有取代经典几何学，反而丰富和深化了经典几何学。不论是海岸线还是星系，我们都可以在电脑上利用分形的手段建立它们具有的物理结构的精确模型。

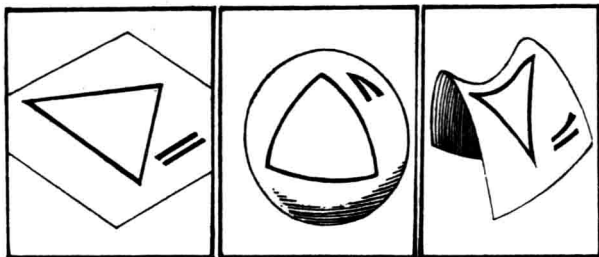


现在，我们将追溯这一数学分支的发展史，领略这门学科在描述自然界时所展现出来的巨大威力，然后探究这门学科在科学技术中的应用以及这一发现所带来的深远影响。

经典几何学



亚历山大城的**欧几里得**^①（Euclid of Alexandria，约公元前 300 年）奠定了几何学的基础。欧几里得所研究的形状——直线和圆形——能够很成功地解释宇宙现象，这使得科学家们固步自封，忘记了这种几何学中存在的不足，他们简单地认为不符合欧几里德几何学原理的形状是“不符合直觉的”，甚至是“病态的”。



从 19 世纪开始，**卡尔·魏尔斯特拉斯**^②（Karl Weierstrass，1815—1897）、**格奥尔格·康托**（Georg Cantor，1845—1918）和**亨利·庞加莱**^③（Henri Poincaré，1845—1912）的发现掀起了一股暗流，最终导致一种全新几何学的出现。这一全新的几何学能够描述欧几里得几何语言所不能描述的世界。