

增长的本质

秩序的进化，从原子到经济

WHY INFORMATION GROWS

美] 塞萨尔·伊达尔戈◎著

陈木译社◎译

The Evolution of
Order, from Atoms to Economies



中信出版集团 CHINA CITIC PRESS

WHY
INFORMATION
GROWS

The Evolution of
Order, from Atoms to Economies



增长的本质

秩序的进化，从原子到经济

[美] 塞萨尔·伊达尔戈◎著
浮木译社◎译

图书在版编目 (CIP) 数据

增长的本质：秩序的进化，从原子到经济 / (美) 伊达尔戈著；浮木译社译 . —北京：中信出版社，2015.11
书名原文：Why Information Grows: The Evolution of Order, from Atoms to Economics
ISBN 978-7-5086-5482-9

I. ①增… II. ①伊… ②浮… III. ①经济增长-研究 IV. ①F061.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 208532 号

Why Information Grows: The Evolution of Order, from Atoms to Economics

Copyright © 2015 by César Hidalgo

All rights reserved.

Simplified Chinese translation copyright © 2015 by CITIC Press Corporation

ALL RIGHTS RESERVED

本书仅限中国大陆地区发行销售

增长的本质：秩序的进化，从原子到经济

著 者：[美]塞萨尔·伊达尔戈

译 者：浮木译社

策划推广：中信出版社 (China CITIC Press)

出版发行：中信出版集团股份有限公司

(北京市朝阳区惠新东街甲 4 号富盛大厦 2 座 邮编 100029)

(CITIC Publishing Group)

承 印 者：北京盛源印刷有限公司

开 本：880mm×1230mm 1/32

版 次：2015 年 11 月第 1 版

京权图字：01-2015-6400

书 号：ISBN 978-7-5086-5482-9/F·3470

定 价：49.00 元

印 张：9.5 字 数：170 千字

印 次：2015 年 11 月第 1 次印刷

广告经营许可证：京朝工商广字第 8087 号

版权所有·侵权必究

凡购本社图书，如有缺页、倒页、脱页，由发行公司负责退换。

服务热线：010-84849555 服务传真：010-84849000

投稿邮箱：author@citicpub.com

*

宇宙由能量、物质和信息三个元素构成，但真正令宇宙奥秘无穷的是信息这一元素。若是没了信息这一元素的话，宇宙将会成为是一个没有固定形状的汤。它会没有形状、没有骨架、没有非周期顺序，也没有不规则的排列布局，宇宙将不再像现在这般奥妙。

——塞萨尔·伊达尔戈

*

献给伊丽丝 (Iris)、安娜 (Anna) 和姆瑞杜 (Mridu)

序 言

WHY
INFORMATION
GROWS

永恒的战斗

宇宙由能量、物质和信息三个元素构成，但真正令宇宙奥秘无穷的是信息这一元素。若是没了信息这一元素的话，宇宙将会成为一个没有固定形状的汤。它会没有形状、没有骨架、没有非周期顺序，也没有不规则的排列布局，宇宙将不再像现在这般奥妙。

但是信息并非大量存在。正如熵增原理说的，当宇宙进行着那永恒的通向更加无序、混沌之战时，这些信息隐藏在角落反抗着。本书主要关注信息量的增长，以及使信息与无序、混沌抗争并增长的原理。书中讲述的原理包括了信息出

现的自然原理，也包括了社会中信息量加速增长的社会经济原理。本书讲述了信息增长——物理秩序的增长，正是这一增长使得我们星球，从原子体系到经济体系，都如此独特、如此丰富而多变。

这本书大部分侧重于我们的星球和我们人类，这是因为从宇宙宏观角度来说，我们的星球很特别。虽然我们知道，宇宙中有许多比地球质量、能量都更大的星球存在，但没有任何一个星球比地球拥有更多的信息量了。中子星密度之大，一勺子体积大小的它就要比整个纽约帝国大厦还要重。黑洞质量如此之重，以至于把空间结构都扭曲了。位于银河系的这几十亿星星，能量也是极其丰富的，不过，我们的星球倒没有特别多的能量。总之，我们星球特别之处，并非在于拥有极大的质量或能量，而在于拥有极大的物理秩序，或者说，信息量。我们星球跟信息的关系，就像是黑洞跟质量的关系、星星和能量的关系。不同于宇宙其他星球信息量的贫瘠，我们的星球是信息聚集、生长和藏匿的地方。

可是，信息到底从何而来呢？为什么信息会聚集在我们的星球，星球上的生命又是怎样促进着信息量的增长呢？使社会中信息量增长的社会经济原理又是怎样的呢？促使信息量增

长的原理又在怎样地影响着全球经济体的社会经济上的不均分配呢？

在接下来的章节中，我们将会了解到信息是什么，它从哪儿来，以及它为什么会增长。我们将会了解帮助信息这一元素反抗趋向更加无序、混沌的宇宙的自然原理、社会原理和经济原理。我们将会了解到那些原理，帮助信息坚忍地赢得宇宙中唯一的、真正的战争的胜利：一场有序与无序之战，熵与信息之战。

前 言

WHY
INFORMATION
GROWS

从原子到人类再到经济体

路德维希是一个不幸的人。是他儿子的死把他逼上了绝路，还是他再也无法承受同事的非难，抑或是他对原子太过着迷？

在度暑假时，路德维希自杀了。是他最小的女儿埃尔莎，发现了她悬挂的尸体。这段记忆成为她余生讳莫如深的话题。

当然啦，我说的这个路德维希是路德维希·玻尔兹曼。路德维希是一个很成功的科学家，同时也是一个非常没有安全感的人。他对我们如今理解的自然万物做出了很大的贡献，但是，他的科学贡献却经受过不少质疑和挑战。

路德维希相信原子理论，那时他许多同事认为原子只不过

是一个恰当的类比。他们的怀疑态度使他很困扰。他知道自己的理论方向是对的。他证明了根据经验得出的特性可以归到分子或原子集体运动的类别里。这些发现都给他提供了间接证明原子存在的证据，只是无法直接观测。

由于缺少直接证据，路德维希饱受同事的批判。他的劲敌，物理学家兼哲学家恩斯特·马赫，认为真正的科学应该只专注于能被直接观测到的定量之间的关系，而其他像玻尔兹曼原子理论这样的理论概念是不应被认可的。

然而，路德维希面对的不仅是舆论非难。他连续几十年试图诠释物质秩序的根源。他的这一尝试即便收获颇丰，也算不上成功。路德维希的理论所预见的结果和他想证明的相左。日常生活经验告诉他，身边万物的秩序都是呈上升趋势的：花朵绽放、树木发芽，以及迅速工业化的社会每天批量生产新产品。可他的理论却暗示了万物的秩序不仅不会增长，反而还会消失。它解释了为何热量会从热变冷、为何奶精会消失在咖啡中、为何小声说话的声音会被一阵风淹没。路德维希证明了宇宙的微观结构在侵蚀着秩序，让一切变得瞬息短暂。但他深知这并不是一切的答案，他知道自己还没有搞明白信息长存的原理到底是什么。

万物的秩序增长一直困扰着路德维希，这种困扰他的程度

只有身为科学家的人才能切身理解。他知道自己的理论还差一点儿什么，但是他无法得知那究竟是什么。在日薄西山之时，他变得疲于与身边人、自然法则争辩了。于是他用一根绳子，亲手结束了一切。而剩下的那具尸体则开始了缓缓腐朽衰亡，正如他的理论对原子外壳的描述一样。

* * *

1906年，结束了路德维希性命的不是困扰他的哲学问题，而是他自己。为了解释物质秩序的根源，路德维希联系了原子和气体为主的在不同空间尺度下显现的性质和现象。¹虽然这个理论在今天被广泛认可，但在路德维希的那个年代，跨越空间尺度的研究违背了科学家们之间不成文的规定。路德维希的很多同事都认为科学像是俄罗斯套娃，每一层都会有新的结构出现。在这种层级体系中，跨越空间尺度自然就被视为多余了。经济学不需要心理学，正如心理学不需要生物学。生物学不需要化学，同样化学也不需要物理学。虽然用原子来解释气体比不上用生物学来解释人类行为那么荒谬，但它也被当作对默认逻辑的背叛。而玻尔兹曼就犯了企图用原子的运动来解释气体宏观性质的“罪过”。

* * *

20 世纪的科学已经完全证明了路德维希对于原子的观点是正确的，也在一定程度上证明了他在跨学科领域的热情。量子力学把路德维希的原子理论跟化学和材料学联系起来；分子生物学、生物化学又把细胞学与构成细胞的蛋白质的化学性质联系起来。同样，当达尔文的学说已经成为解释人类行为的主要理论后，生物学和心理学也产生了微妙的关系。²然而，并非所有的学科交叉都发生在已知的科学边界附近。在这多学科互动的探戈舞中，有一个概念十分奥妙难以捉摸，这个概念就是信息。

信息就是那个让路德维希着魔的东西。正是它令他一直疑惑不解，也令他不知疲倦地一直寻找着解释：为什么秩序在地球上日益建立、成长，在宇宙中却不断恶化呢？

20 世纪，信息在持续地发展与成长，学界也努力试图理解这些信息的含义。然而，这一时期，促进并且激发信息研究的并非在于信息其本质的魅力，而在于人们对战争的恐惧。在第二次世界大战期间，敌对的军队产生了使用密码交流的需求。这些密码的存在促使人们想方设法去破译截获的消息，进而带动了对信息的数学研究。

编译、破译电报实在是一道极其令人着迷的数学题，即使战火减小，人们仍不舍得将其丢置一旁。数学家们继续将信息理念化，但他们已致力于将这些理念放在交流技术这一大背景下，而不再局限于破译截获的电报。取得成就的数学家们便成为世界上第一批信息理论家或者控制论家，为人们所熟知。这批先驱包括克劳德·香农、沃伦·韦弗、艾伦·图灵和诺伯特·维纳。

在 20 世纪五六十年代，信息的概念如旋风般席卷了科学界。信息，作为一个强力击穿了学科之间边界的观念，在所有学术领域中都受到了欢迎。信息既非微观的，亦非宏观的。³ 它既可以被稀稀拉拉地刻在泥板子上，又能被密密集集地塞在一段 DNA 里。从大多实际情况来说，传递信息的载体其实并不重要。这种超然于载体之外的性质使得信息这一概念对于所有学术领域来说都极富吸引力。这些领域渐渐地吸收了信息的观念，并使它具有了自身学科的味道。

生物学家在探索基因如何编码遗传信息时，接纳了信息的概念。在香农著作的启发下，工程师们在用模拟数字网络连接起世界时，设计出了发射器与接收器。计算机学家、心理学家和语言学家都尝试过用建造具有思维能力的电子机器的方法，

来模拟人的心理活动。当 20 世纪蓬勃发展出其原子化的时代精神时，信息也成为每个人手中的新王牌。

信息的概念在社会科学方面都找到了自己的路，特别是在经济学上。奥地利经济学家、与香农同时代的弗里德里希·哈耶克曾有这样一个广为人知的说法，他说，价格传递了商品供给和需求的信息。这个观点指出了斯密的那只“看不见的手”运作方式的信息。正如哈耶克写道：“在一个相关事实的知识会在大范围人群中传播的体系中，价格可以作用于定位不同人群各自的行为。”⁴

信息的概念也帮助经济学家更好地理解了一些严重的市场失灵。乔治·阿克洛夫就是由于展示了“当人们对其想交易物品的质量有了不对称信息时，市场就会难以运转”这一观点而声名远扬的。⁵ 与此类似，在经济、组织学理论和人工智能方面均有贡献的博学家司马贺曾经提出过一个有限理性的概念。这个概念强调了对世界上的信息掌握不全的经济个体的行为。

随着 20 世纪还在持续地喧嚣猛进，信息的概念已经占据了全球性的重要地位，但在信息这一概念越来越流行的同时，我们慢慢地开始忘了信息的物质性这个困扰玻尔兹曼多年的东西。“信息”这一词逐渐变成了虚渺的、非物质的、数字的、无

重的、无形的一类东西的同义词。但是，信息是物质性的。它有着如同玻尔兹曼的原子或者原子在运动中所携带的能量一样的物质性，不是固体或者液体。它也没有自己的粒子，但是像同样也没有自己的粒子的运动和温度一样具有物质性。信息是无实体的，但是它能被物理性地表达呈现出来。信息不是一件事物，而是多个物理事物的组合。它是“物理秩序”，就如同你洗同一副牌，决定你每次洗出来的都不一样的那个东西。然而，即使信息的无意义本质如同它的物质性一样经常被误解，但对于大多数人来说最吃惊的还是，信息是无意义的。

* * *

1949年，克劳德·香农和沃伦·韦弗出版了一本简短的名为《通信》的数学理论的书。在其第一章里，韦弗描述了一些关于信息的概念性的东西。在第二章里，香农从数学的角度描述了我们现在所知的信息理论。

为了让人们更好地理解信息理论，香农和韦弗需要将“信息”一词从其通俗的语义中抽离出来。韦弗早期在其论文中便做出了区分：“在这个理论中，‘信息’一词用于一种特殊的意义，不能和它的常规用法相混，尤其一定不能将信息与含义搞混。”⁶

香农也早在他的学术文章中提出了这一点，不过那是在讲工程参数而非语义区别的：“通信中的基本问题是在一个点上完全或者近似地复制一段在另一个点上节选的消息。通常，这些消息都有着含义……这些有关通信的语义上的东西（指消息的含义）和工程问题无关。”⁷

但是为什么香农和韦弗这么急切地想把信息和含义区分开呢？他们区分信息和含义这两个词是有着技术和哲学两方面原因的。从技术角度来讲，香农热衷于构建不管消息的意义是什么都能有助于交流信息的机器。从哲学角度来讲，香农和韦弗都明白，在其使用“信息”和“含义”的过程中，它们所指的是完全不同的两个概念。人类和一些机器有着解读消息并注入含义的能力，但游走于电缆和电磁波中的并不是我们所说的那个含义，那是更简单的存在，那只是信息而已。

对于我们人类来说，将信息和含义区分开来是很难的，因为我们会情不自禁地解读信息。我们不自觉地在消息中注入了含义，自愚地相信消息的含义就载于消息中。但事实并非如此，这只是一个假象。含义来源于信息的背景和我们以前积累的知识。含义只是譬如人类这样的知识媒介对消息的一种解读，但是它和承载着消息的物理秩序是不同的，和消息本身也不同。

当一个消息到达了一个生命体或是一个有着处理信息能力的机器时，含义才浮现出来；它并不承载于传输信息的墨迹、声波、光束或电脉冲中。

让我们联想一下“9·11”这个敏感的字眼。当我提到它时，绝大部分美国人都会自动联想到2001年的双子塔袭击案；智利人则会想起1973年发生的那场政变。但实际上，当我说到“9·11”的时候，我可能只是告诉我的学生我会在那一天回到麻省理工学院。显而易见，我们可以自行给定一条信息的意思。然而，一条信息所表达的意思并不是它本身的一部分，尽管看上去如此。信息的意义是我们自己在诠释消息时，让它与信息本身天衣无缝地贴合在了一起：因为人类不受控制地会想要去翻译每一条涌来的物理讯息。但这种完美无缺的贴合并不代表含义和信息是同一回事。

如果香农想要创造一个忽略背后隐喻直接翻译一条信息的机器，他需要一个能够计算翻译出一条给定信息所需要的最少字符的计算机。得益于哈利·奈奎斯特和拉尔夫·哈特利的研究，香农估算出需要多少信息才能将一条消息以毫无干扰或者受到一些干扰的方式传递出去。他还通过计算消息中结构的相关性得出了交流沟通的经济原理，比如在英语中，字母t更常