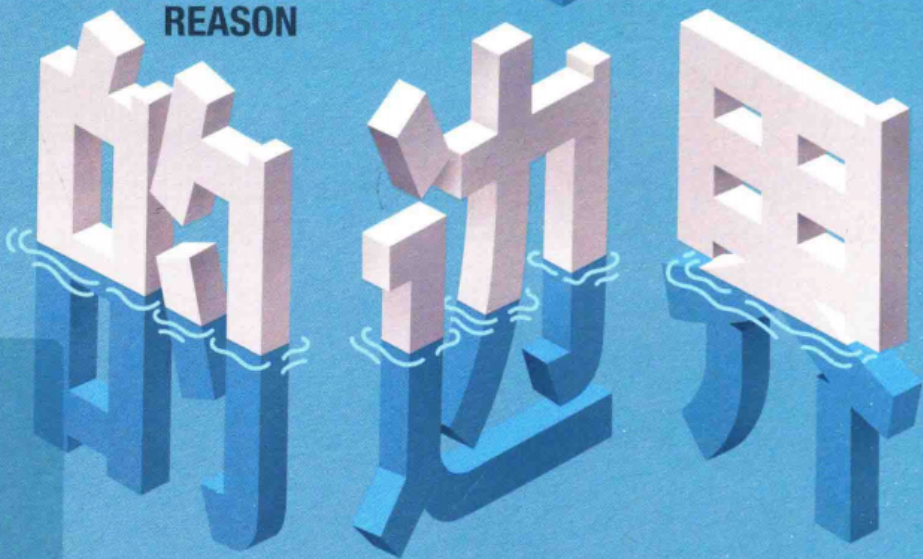


[美]  
诺桑·亚诺夫斯基 著  
(Noson S. Yanofsky)  
王晨 译

THE  
OUTER  
LIMITS OF  
REASON



# 人类思维与 世界的复杂关系

我们对世界了解得越多，  
对自己所不知道的东西  
就越清楚

发现可能之局限的  
唯一方式，就是比可能走得更远

THE  
OUTER  
LIMITS OF  
REASON

理性  
的边界

[美]

诺桑·亚诺夫斯基 著

Nelson S. Yanofsky

王晨 译

图书在版编目(CIP)数据

理性的边界 / (美) 诺桑·亚诺夫斯基著; 王晨译

北京: 中信出版社, 2019.10

书名原文: The Outer Limits of Reason

ISBN 978-7-5217-0972-8

I. ①理… II. ①诺… ②王… III. ①科学哲学—普及读物 IV. ①N02-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第186072号

Copyright © 2013 MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
Simplified Chinese translation copyright © 2019 by CITIC Press Corporation  
ALL RIGHTS RESERVED

本书仅限中国大陆地区发行销售

理性的边界

著者: [美] 诺桑·亚诺夫斯基

译者: 王晨

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)

承印者: 北京通州皇家印刷厂

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 26.5 字数: 401千字

版次: 2019年10月第1版

印次: 2019年10月第1次印刷

京权图字: 01-2018-6335

广告经营许可证: 京朝工商广字第8087号

书号: ISBN 978-7-5217-0972-8

定价: 69.80元

版权所有·侵权必究

如有印刷、装订问题, 本公司负责调换。

服务热线: 400-600-8099

投稿邮箱: author@citicpub.com

献给谢娜·莉娅

哈达莎，丽芙卡，巴鲁奇和米里亚姆

# 序 人类根深蒂固的理性局限

我们对世界了解得越多、越深入，我们对自己所不知道的东西，对我们的无知的了解，就越是清醒、详细和清楚。<sup>[1]</sup>

——卡尔·波普尔 (Karl Popper)

一个人必须知道自己的局限。

——哈里·卡拉汉 (Harry Callahan),  
《紧急搜捕令》(Magnum Force, 1973)

凡事应该尽可能简单，但不能太过简单。

——(被认为是)阿尔伯特·爱因斯坦 (Albert Einstein)

对事物的理解总是伴随着矛盾的情绪。一方面，一旦我们了解了什么事物，我们常常会觉得它乏味平庸，甚是无趣。另一方面，神秘未知的事物总是令人着迷，吸引着我们的注意力。这些我们不知道或不了解的事物激发着我们的兴趣，而那些我们无法知道的事情更令我们心驰神往。理性告诉我们，一些事物我们无法理解，是因为它们超出了理性的边界，本书中将就此主题进行探讨。

许多图书透过科学、数学和理性向我们揭示了令人惊叹的事实。还有一些书探讨的是科学、数学和理性尚未彻底解释清楚的主题。本书有点不同，我们在这里研究的是，科学、数学和理性告诉我们的哪些事物是不可能被揭示的。什么是无法被预测或了解的？什么是永远不会被理解的？什么是被计算机、物理学、力学和我们的思维过程所局限的？什么是理性的

界限之外的？本书致力于回答其中的一些问题，书中的许多想法也对我们关于宇宙、人类理性以及我们自身根深蒂固的观念提出了挑战。

在这条道路上，我们将研究需要数万亿个世纪才能解决的简单计算机问题；思考结构上无懈可击但毫无意义的句子；了解无限的不同层次；进入匪夷所思的、奇妙的量子世界；讨论计算机永远不可能解决的具体问题；与带来暴风雪的蝴蝶交朋友；思忖在不同的派对上同时起舞的粒子；认识悖论和自指悖论；看一看我们对空间、时间和因果关系的朴素认知在相对论面前会得到怎样的教诲；理解哥德尔关于逻辑局限性的著名定理；探寻一些无法解决的数学和物理学问题；探索科学、数学和理性的真正本质；探究为什么这个世界看上去对人类来说如此完美；并检视我们的思维、理性与物质世界之间的复杂关系。我们还将试着向理性的边界之外窥视，看看那里有些什么东西。以上这些内容以及其他许多令人着迷的话题将以清晰易懂的方式呈现在读者面前。

在探索各个领域的这些局限性时，我们会发现，众多不同方面的局限性拥有相似的模式。本书将研究这些模式，以便读者更好地理解理性及其局限性。

本书并不是一本可以证明理性局限性的全部范例的汇编。我们的目标是理解为什么会出现这些界限，以及为什么理性不能逾越这些界限。我们在每个领域挑选数个有代表性的局限性范例，并对它们进行深入探讨。

我不会只是列出这些局限，我的目标是解释它们，或者至少直观地说明为什么某一特定领域会超出理性的边界。读者需要知道这本书并没有投机的意图，也无意开创什么新时代。它也不是一本历史书，我不会在里面用精心雕琢的辞藻粉饰名词的意义，也不会一门心思地关注它们按照年代顺序发展的历程。这是一本通俗的科普读物，它将循序渐进且清楚明晰地阐述其中的思想。

斯蒂芬·霍金（Stephen Hawking）有一句名言，每个方程式会让读者的数量减少一半。我很认同这句话，所以这本书里的方程式很少。我相信图表和图形能够将复杂的概念以简洁的方式表达出来。清楚明晰是我的目标。

每一章探讨一个不同的领域：科学、数学、语言、哲学等。这些章节的内容按照从具体到抽象的逻辑进行排列。我会从使用日常语言的简单问题开始，过渡到容易理解的哲学问题，以抽象的数学世界作为结尾。在大多数情况下，这些章节是彼此独立的，以任何顺序阅读都可以。建议读者从自己最感兴趣的主题开始阅读。（自指悖论是本书的统一性主题，出现在第2章、第4章、第6章和第9章。）

# 目录

## 序 人类根深蒂固的理性局限 // v

### 第 1 章 违反常识的结论和无法解决的问题 // 001

我们对自身生活的世界以及我们与这个世界的关系的朴素直觉是错误的，我们、我们的世界，以及我们用来描述世界的科学和数学，这些事物之间的关系和我们所认为的并不一样。

### 第 2 章 人类自相矛盾的语言和思维 // 019

我们生活的世界和语言之间有一项重大不同之处：真实的世界没有矛盾，而人造的语言对这个世界的描述却存在矛盾，我们的思维模式和与之相伴的人类语言充满了模糊的陈述。

语言中的矛盾 // 021

自我指涉悖论 // 026

描述数字的语言 // 034

### 第 3 章 比疯子更偏离常识的哲学家 // 039

早在现代科学家研究认知的局限之前，哲学家就已经在分析这个世界的复杂性以及我们对它的认识了，他们甚至开始偏执地怀疑“客观”是否真实存在。

当我们在讨论“人”时，我们在讨论什么？ // 041

齐诺、哥德尔和时空旅行 // 051

模糊且暧昧的人类陈述 // 061

知道意味着什么 // 069

#### 第4章 挑战人类直觉的技术文明基础 // 075

自古典时代以来，人们就在思索“无限”及其性质。然而，关于无限有许多很不直观的观念，这些观念对我们的直觉是一种挑战。随后，这些违反直觉的观念成为现代科学的中流砥柱。

有限集合 // 078

无限集合 // 081

比无限大更大的数 // 087

“发明”数学定理，还是“发现”数学定理 // 097

#### 第5章 需要计算千万个世纪的答案 // 109

计算机是理性的典范，它可以轻松完成人类无法完成的计算。但是对于一些形式非常简单的问题，计算机却无法让人满意——它们需要我们无法接受的时间和资源。

简单，但算不出答案 // 112

等不到的解答 // 122

没有窍门的计算方法 // 134

找不到的精确结果 // 142

存不下的运算过程 // 144

#### 第6章 计算机的局限性 // 147

有些问题，虽然有客观答案，但却无法被计算机解决。这个问题与我们目前的计算水平无关。将来无论出现多快多强大的计算机，也永远不能解决这些问题。

再也跳不出的死循环 // 149

不能解决的问题 // 152

超过计算边界的程序 // 160

计算机的“神谕” // 166

如何让机器拥有思维 // 171

## 第 7 章 推动科学的理论反而限制了科学 // 175

我们用科学来解释、理解，有时候还能预测我们居住其中的这个物质世界。但是随着混沌理论、量子力学和相对论的诞生，科学探索似乎在某种程度上被限制了。

混沌与不可预测性 // 177

终结一切的量子力学 // 191

扭曲时间和空间的相对论 // 228

## 第 8 章 宇宙隐藏的深处秘密 // 249

哲学家从自己的角度思考宇宙如何运作，以及人类对宇宙的理解。他们思考宇宙的结构，同时也为如何描述宇宙的结构而困惑。他们总是疑惑，为什么宇宙中会诞生生命。

人类描述自然的方式是人类自己的 // 251

不完美的世界和不完美的数学 // 269

宇宙的答案在宇宙之外 // 289

## 第 9 章 数学的深渊之下 // 313

数学是理性的语言，是所有人类发明中最成功的一个，科学的很大一部分是以数学和逻辑为基础的。然而自古希腊时代起，数学在不断突破极限的过程中，也不断发现无法解决的问题。

古典数学的局限 // 315

伽罗瓦理论 // 321

无法通过计算解决的计算 // 325

处理数学的数学 // 335

公理和独立性 // 347

## 第 10 章 超越理性的束缚 // 355

人不应该被理性的局限束缚太多。我们不能看到本书列出的边界之外是什么，但也没有理由为此沮丧。我们人类本来就生活在理性之外。我们所有人都拥有不受理性和逻辑支配的感觉和情感。从这个意义上来说，我们每一个人都已经超越了理性的束缚。

理性的四个边界 // 357

重新定义理性 // 362

理性科学之外的世界 // 366

致 谢 // 371

注 释 // 375

参考文献 // 399

## 第 1 章

# 违反常识的结论 和无法解决的问题

人类理性在其知识的某个门类里有一种特殊的命运，那就是：它为一些它无法摆脱的问题所困扰；因为这些问题是由理性自身的本性向自己提出来的，但它又不能回答它们；因为这些问题超越了人类理性的一切能力。<sup>[1]</sup>

——伊曼努尔·康德（Immanuel Kant, 1724—1804）

当光明的圆扩大之时，黑暗的圆周亦随之扩大。<sup>[2]</sup>

——（被认为是）阿尔伯特·爱因斯坦

佐巴：那个年轻人为什么会死？为什么任何人都要死？

巴兹尔：我不知道。

佐巴：要是你那些该死的书不能回答这些问题，它们又有什么用呢？

巴兹尔：它们告诉了我，那些不能回答你这些问题的人的痛苦。

佐巴：我唾弃那种痛苦！

——《希腊人佐巴》(Zorba the Greek, 1964)

科学和技术的发达程度可以作为衡量文明的标准。科学和技术越发达，相应的文明越先进。我们的文明被认为比原始社会更先进，这要归功于我们取得的所有科技成果。相比之下，如果某个外星文明造访地球，我们的文明就会被认为是原始的，这几乎是不言而喻的，因为它们掌握了星际空间的旅行技术，而我们没有。使用科学和技术作为衡量标准的原因在于：这些活动是人类文化的各个方面中唯一以自身为基础进行构建的。后人蒙前人福荫，继往开来。迄今最伟大的科学家之一艾萨克·牛顿（Isaac Newton, 1643—1727）对此做了十分精妙的表述：“如果我（比别人）看得更远，那只是因为我站在巨人的肩膀上。”科学的发展是这样一种持续不断的积累，因此它很适合作为比较不同文明的标尺。与科学和技术形成对比的是，人类文化的其他方面如艺术、人际关系、文学、政治、道德等，都不能说是以自身为基础进行构建的。<sup>[3]</sup>

衡量文明的另一种方式是看它在多大程度上摒弃了不科学和非理性的观念。现今社会更加先进，因为我们已经将炼金术当作傻乎乎的梦想丢进了垃圾桶，转而潜心研究化学。几个世纪以来的占星学论著都被视为胡言乱语，但我们保留了对天文学的研究。随着文明的进步，它会将自身的观念和神话置于逻辑分析的框架中，抛弃超出理性范围的内容。

在进步的过程中，文明使用的工具是理性。理性和推理是社会进步使用的方法论。某种文化若合乎理性，它就会进步。当它偏离理性，或者跨出理性的界限，它就会停滞不前甚至倒退。

理性有很多种形式。按照广义的（或许也是不甚精确的）概念，科学是我们用来描述和预测可度量的实体世界的语言。数学更为抽象，可以分成两个领域：应用数学是科学的语言，而纯数学是理性的语言。逻辑学也是一种理性的语言。因为科学、技术、理性、逻辑和数学是相互联系的，因此我对其中任何一种事物的描述通常也适用于其他事物。有时候我会只用理性（reason）一词来替代它们所有。

千百年来，哲学家们一直在反思和争论哪些东西是人类有能力知道的，又有哪些东西是人类不可能知道的。这个探讨人类知识及其边界的哲学门类被称为认识论（Epistemology）。虽然这些哲学家提出的观念十分引人入胜，但他们的作品并不是我们在这本书里关注的焦点。相反，我们感兴趣的是，科学家、数学家和当下的研究者们对于人类的知识与理性的边界的阐述。

现代科学、数学和理性最了不起的一点在于它们已经发展得非常成熟，到了能够看清自身局限性的水平。最近，科学家和数学家已经加入哲学家的行列，共同讨论人类认识世界之能力的局限。而理性在科学上的局限性正是本书的主题。

下面这个可爱的小游戏能让我们初步了解理性的局限是什么意思。<sup>[4]</sup>这个游戏非常有趣，很值得思考，而且强烈推荐其作为任何鸡尾酒派对上的益智挑战。找一张普通的 $8 \times 8$ 国际象棋棋盘和一些尺寸为 $2 \times 1$ 的多米诺骨牌，尝试用多米诺骨牌盖住整张棋盘。

棋盘上有64个方格，每个多米诺骨牌覆盖两个方格，所以一共需要32个多米诺骨牌。完成这项任务的方式有数百万种之多。图1.1展示了我们开始进行这个过程的一种可能性。

这的确很简单。现在让我们尝试一项更有挑战性的任务。在棋盘对角的两个方格上各放置一枚代表王后的棋子。现在再来试试盖住除了这两个方格之外的所有方格，如图1.2所示。需要覆盖的方格是62个，意味着一共需要31个多米诺骨牌。试试看！

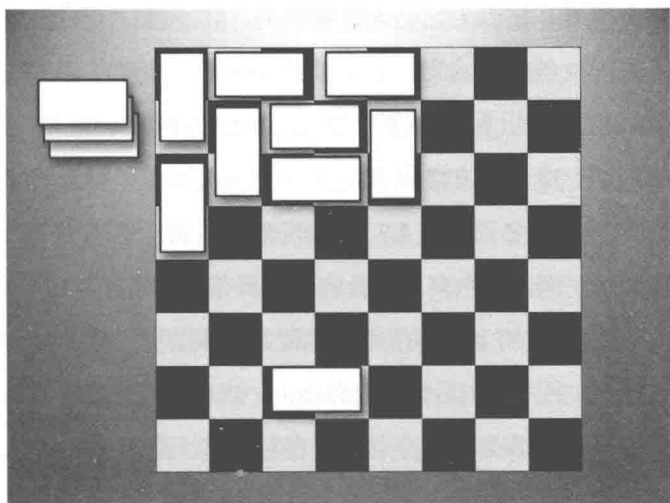


图 1.1 用多米诺骨牌覆盖国际象棋棋盘

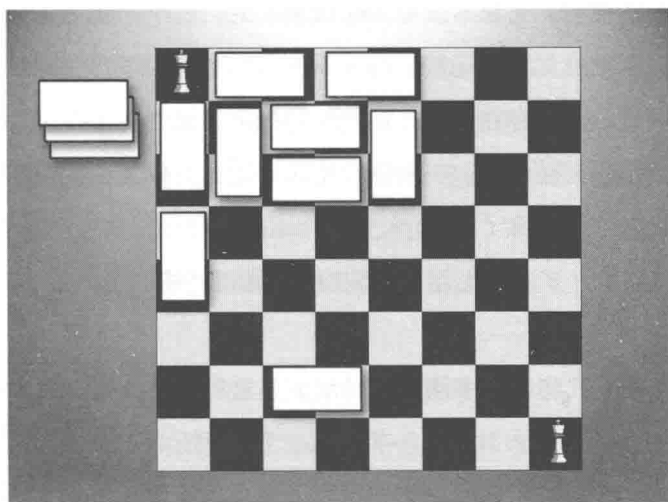


图 1.2 去掉对角的两个方格后再覆盖棋盘

尝试了一会儿并发现自己无法盖住每个方格之后，你可能会考虑将这个小游戏展示给别人——尤其是那些游戏迷。他们也会有相似的体验。你或许想找一台计算机来解决这个问题，因为机器可以迅速尝试多种可能性。开始在棋盘上放置多米诺骨牌的方式即使没有几十亿种，也有数百万种之多。然而，没有任何人或任何计算机能够完成这项任务。

将 31 个多米诺骨牌放置在一张国际象棋棋盘上，这个问题之所

以看上去那么困难，是因为它是无法做到的。它不是一个困难的问题；它是一个不可能解决的问题。实际上要解释这一点倒是很容易。每个多米诺骨牌都是 $2 \times 1$ 的尺寸，所以必须在棋盘上占据1个黑方格和1个白方格。图1.1中的棋盘有32个黑方格和32个白方格需要覆盖。棋盘上的黑白方格是完全对称的。相比之下，图1.2中的棋盘只有30个黑方格和32个白方格需要覆盖。然而因为每个多米诺骨牌必须覆盖1个黑方格和1个白方格，所以这62个方格无法用多米诺骨牌全部覆盖。移动棋子的位置，让一个王后位于黑方格上，另一个王后位于白方格上。现在再来试试看。

这个小游戏有很多美妙的特点。它容易解释，易于游戏者尝试寻找解决方案，而且还可以通过使用计算机尝试解决问题。然而它无法解决。不是因为我们不够聪明，不能解决这个问题，也不是因为这个问题超出了当下技术水平的能力，它根本就是无法被解决的。这个问题无法被解决，这不是某位人士的意见，而是放之四海而皆准的事实。理智告诉我们，我们解决这一问题的能力存在局限。这个问题最棒的部分在于，它为什么无法解决的理由很容易被解释。一旦陈述出这个理由，你就会被彻底说服，不再为之烦心。

本书将展示许多诸如此类无法解决的问题和局限。

在下文中，我将对本书涵盖的局限类型进行分类介绍，而不是按照顺序给出每一章的概要。对于每一类局限，我将列出来自不同章节的例子，这将让本书呈现出更富于整体性的结构。

关于局限的例子十分丰富。计算机科学家已经向我们展示过，有很多任务是计算机无法在一段合理的时间之内完成的（第5章）。他们还发现，有些任务是计算机无论花多长时间也完成不了的（第6章）。物理学家讨论了这个世界的复杂程度，而有些现象复杂到科学和数学都无法对其进行预测（第7章第1节）。数学家发现某些类型的方程无法用正常方法求解（第9章第2节）。逻辑学家已经证明，论证的力量是有局限的。他们描述了一些为真但无法被证明的逻辑语句（第9章第4节）。语言哲学家指出，对于