

本书荣获加拿大最佳图书奖——查尔斯·泰勒非小说类图书奖



宇宙的秘密

——从量子到宇宙

[加] 尼尔·图罗克 著
董晓怡 译



 科学普及出版社
POPULAR SCIENCE PRESS



宇宙的秘密

——从量子到宇宙

[加] 尼尔·图罗克 著

董晓怡 译

科学普及出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

宇宙的秘密:从量子到宇宙/(加)尼尔·图罗克著;董晓怡译.
—北京:科学普及出版社,2016.7

书名原文:The Universe Within: From Quantum to Cosmos

ISBN 978-7-110-09408-2

I. ①宇… II. ①尼… ②董… III. ①宇宙—普及读物 IV. ①P159-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 123067 号

著作权合同登记号:01-2014-5147

The Universe Within: From Quantum to Cosmos By Neil Turok

Copyright © 2012 By Neil Turok and Canadian Broadcasting Corporation

This edition arranged with House of Anansi Press Inc.

Through Big Apple Agency, Inc., Labuan, Malaysia

Simplified Chinese edition © 2016 Popular Science Press

All rights reserved

本书中文简体版权由House of Anansi Press Inc. 通过Big Apple Agency 授权科学普及出版社独家出版, 未经出版者许可不得以任何方式抄袭、复制或节录任何部分

责任编辑 单 亭 崔家岭

装帧设计 中文天地

责任校对 王勤杰

责任印制 张建农

出版发行 科学普及出版社

地 址 北京市海淀区中关村南大街16号

邮 编 100081

发行电话 010-62103130

传 真 010-62179148

网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm × 1092mm 1/16

字 数 180 千字

印 数 1-5000册

印 张 11

彩 插 8

版 次 2016年7月第1版

印 次 2016年7月第1次印刷

印 刷 北京盛通印刷股份有限公司

书 号 ISBN 978-7-110-09408-2/P · 180

定 价 38.00元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换。)

作者手记

我希望通过这部书能够将科学技术的发展与人类自身连接起来。

这不是一本教课书。虽然我讲解了一些物理学中最重要的理论及其发现过程，但是我并不打算有条不紊地描述物理学的发展历史，也不想详尽地描述物理学家们所做的贡献，取而代之的是以我的个人经历以及我认为重要的人物、时间和地点作为线索去描写。历史人物总是生动有趣的，谈他们的故事也是为了向读者们说明一个人的潜能是巨大的，而且往往超出我们的预想。我不是哲学家、历史学家或文学艺术的评论家，但我从不同的角度去审视在人类知识不断深化过程中所面临的社会环境以及知识深化对社会所产生的影响。这是一个庞大的课题，首先在这里我要为我有限的视角和主观的抉择致歉。

我的目的是与读者一起庆祝人类认知宇宙的能力，识别这种能力在人类相互紧密合作中的作用，思考它对人类未来的意义。

我曾与许多出类拔萃的科学家共事，分享对事物的深刻理解，他们指导和帮助我的事业发展，我从他们那里得到的益处数不胜数。同样地，很多人并不是科学家，但是他们用自己的生命诠释了作为一个人的真谛，从他们的事迹中我也得到了很多鼓舞。科学和人道主义其实就是同一事物的不同两面。只有将他们有机地结合在一起，我们才能体现人生的最大价值。

目录

CONTENTS

	作者手记
001	第一章 万能的魔法
032	第二章 我们想象的现实世界
059	第三章 到底什么炸了？
095	第四章 一个公式决定的世界
123	第五章 前所未有的机遇
157	注 释
165	延伸阅读
166	致 谢

第一章

万能的魔法

当一个人意识到他每日的工作都是他一生中不可或缺的一部分，并且会融化为人类成果的一部分时，他就会感到快乐。

——詹姆斯·克拉克·麦克斯韦¹

在我三岁时，父亲因为反对南非的种族隔离制度被逮捕了。不久母亲也被抓进监狱关了六个月。这段时间我和祖母住在一起。我的父母不信教，但祖母是基督科学会的成员。对于我，祖母那里的一切都是那么的新奇。我很喜欢赞美诗，但更喜欢《圣经》，因为它里面似乎装着世间一切的答案。不过我想要的不是一本厚厚的《圣经》，而是越小越好，这样我就可以随身携带了。

祖母经不起我的软磨硬泡终于给我买了一本书店中最小版本的《圣经》。虽然那时我还不能自己读，可我走到哪都带着它。即使在那么小的年纪，我最希望的就是捕捉和拥有真理，以及真理所带来的确定性和正能量。

父亲因危害国家罪被判处了三年六个月的徒刑。其他参与者就没有那

么幸运了，虽然罪名很轻却被判处了终生监禁。父亲出狱后就被软禁在了家里。不久他逃到了东非。我们一家人也跟随他去了坦桑尼亚，几年后又辗转到了英国伦敦。在那里，我们加入了一个小型的南非流亡者的社区。虽然我们在陌生、潮湿又阴暗的环境中挣扎度日，父母一直没有放弃他们的信念。“总有一天”，他们经常对我们兄弟几个说，“一切都会改变的，南非会自由的。”

在当时，这些话对于我们是难以置信的。20 世纪的七十年代到八十年代，我在伦敦读了高中，上了大学，可家乡的状况却始终显得毫无希望。种族隔离制度不但在清一色的白种人选民中非常受欢迎，而且还有强大的海外支持。南非甚至开始了核武器的研制和试验。少数异己政见的组织成员被轻易地逮捕入狱。索韦托的学生抗议活动被残酷镇压后更是处在警察的铁腕控制下。

突然，一切都改变了。

黑人相对于白种人是低劣人种的论点被证明是错误的。在南非境内，来自占绝大多数人口的黑人的平等诉求不能再被压制。越来越多支持种族平等的国家开始对南非进行制裁。1993 年纳尔逊·曼德拉的被释放，彻底改变了南非的政治氛围。占人口极少数的白种人意识到，种族隔离制度已经不能再继续进行，未来的南非应该是推行公民普选和人人机会平等。基于种族优化论的种族隔离制度终于在南非被废除了。南非的变革毋庸置疑地来自于人们对正义的追求。正义是公平、平等和人权的基石。无论种族、文化和宗教信仰，人们为了捍卫正义奋斗终生甚至牺牲生命。正是这股强大的力量战胜了种族主义所聚敛的特权、财富和武器，使南非获得了解放。

我父母是对的：一个好的想法可以改变世界。

当前，我们生活在一个充满问题却又缺乏真知灼见的社会。经济不稳定，过度消费，环境污染，能源和原材料的短缺，气候恶化和日益增长的贫富不均都是我们正在面临的巨大挑战。这些问题是我们人类造成的，也

是我们人类可以解决的。但是我们现在却总是目光短浅、急功近利。要想真正解决人类面临的危机，我们应该放眼未来，找到根本的和持续性的解决方案。

我们的技术发展已经接近瓶颈，自然资源也快消耗殆尽，人类的生死存亡未卜。我们是否有能力找到一个更好的方式来利用我们的星球呢？我们是否有能力发现新的科学技术引领我们走向一个光明的未来呢？归根结底，我们到底是什么呢？难道我们只是随机的基因突变和自然选择的产物，即将走到它的尽头？我们还是有能力成为革新的引领者，跨入一个崭新又美好的新纪元呢？

在这里，我想谈一谈我们认知世界和在思想中构建宇宙的能力。正是这种能力使我们能够描述小到亚原子尺度的粒子，大到整个可以观测到的宇宙。也正是这种能力催生了现代所有的科学技术，比如我们日常用于通信的手机和人造卫星都是现代技术的产物。这种能力是人类最宝贵的财富，也是最可以无偿分享给他人的。追寻历史我们不难总结，认知和构建宇宙的能力就是开启未来之门的金钥匙。

纵观历史，革新从来都不是偶然事件。当我们固有的知识与现实的世界之间的差距不能再通过对已有理论的修修补补来抹平时，我们可以做的是退后一步，从更广阔的角度去考虑问题，用不同的方法去破解这个新世界和理解它潜在的各种可能性。每当这个时候，一个全新的规范会浮出，引领我们跨入崭新的、超乎想象的知识前沿，人类社会也就向前推进了一大步。物理学正是这样一次又一次地改变了世界和人类社会。

自古以来，以下几个问题对人类总是同等的重要：“我是谁？”指的是对个体的认知与肯定；“我们如何生活？”指的是人与人之间的相互关系；“我们如何立身于世界？”指的是人类与自然和宇宙的关系。我们关心的这些问题似乎都远超出了日常生活的范畴。我们为什么能够理解那些远离现实生活又与我们的生存毫不相干的事物呢？这种不断进化的理解能力似乎

预示着一次次的革新是注定要发生的。那么人类的这种能力又将带来什么样的未来呢？

我们最初是如何假想到希格斯玻色子的存在，又建造了分辨率是原子大小十亿分之一的显微镜——大型强子对撞机来搜寻它呢？我们是如何发现了宇宙演化的规律，又制造了卫星和望远镜去观测比太阳系的边缘还要远十万亿倍的地方来验证这些定律的正确性呢？我认为我们可以从物理学家这些非凡的成就中得到鼓舞。同样的物理学家们也可以通过对自身学科的起源、历史，以及与社会的联系为科学研究找到更明确的目的性。

我们即将迎来的是更显著的变革。我们都体验到了移动通信和互联网对全球化的推进，提供前所未有的信息量和教育空间，这还只是新技术改变人类的开始。我们现有科学的发展是基于也受限制于我们对物质的认识的。要推动科技的进一步发展，我们必须逾越对世界的固有认识。科学技术的发展会为我们认知世界的能力和生活方式带来翻天覆地的变化，最终改变我们人类。

互联网的应用只是一个开端。量子技术可能会从根本上改变我们处理信息的方式，使我们更深入地了解物质世界的本质和规律。随着我们对物质世界的认识不断深入，我们对宇宙的描述就会更接近于真实的宇宙。这些知识的进步会带来技术的突破性发展。他们将改变我们人类，使我们发挥出更大的潜能。

展望未来，我们应该探索和理解物质世界，成为宇宙发展的一个组成部分。我们不是物质世界发展的随机副产品，而是引领它不断革新的前沿力量。我们认知和理解世界的能力决定了我们在宇宙中当前和未来的地位。科学界与社会大众的目标应该是统一的。

在卡尔·马克思的墓碑上刻着下面这段话：“哲学家们只不过是通过不同的方式来诠释世界。真正重要的却是去改变世界。”我在这里借用甘地的一句话，“真正重要的是，成为改变世界的力量。”

.

我非常幸运地在人类文明的发祥地非洲居住了数年。我记忆最深刻的是参观恩戈罗恩戈罗火山口，塞伦盖蒂国家公园和奥杜威峡谷。早在两百万年前人类的祖先就曾在这些地方居住过，现在这里仍生活着狮子、鬣狗、大象、水牛等众多野生动物。大多数野生动物都是很危险和极具攻击性的。比如一只成年的雄狒狒可以重达 100 磅（约 45 千克），而且长有巨大的门牙。但是它们都很惧怕人类。如果你在那里露营遇到大个头的狒狒来偷食物，你只需要握块石头挥挥手臂，它就会被吓跑。

虽然我们人类的肢体比起其他动物来很软弱，但是我们人类却成为了动物王国的主宰。这是因为我们能够直立行走、投掷石块、使用工具、制造火焰和建造聚居地。这些在动物界看似新奇的行为不但证明我们比其他动物更聪明，还使得其他动物对我们产生了一种天然的恐惧感。我曾经看到一个马赛人手持长矛在灌木丛中悠闲的穿行，好像周围的一切都由他主宰，而周围的大象和水牛在远远地闻到人类的气味就避让开了。我们对自然的掌控是从生活在非洲的远古人类开始的，他们理应得到我们的尊敬。

使用工具和农耕之后的第一个重大技术革命来自于数学的发展。我们开始通过计算和几何等方法来理解自然界的规律。很多古老的数学工具在非洲被发现。斯威士兰出土的一块狒狒的腿骨上有 29 个刻槽。这是迄今为止发现的最早的数学工具。它出现在公元前三万五千年左右，很有可能是用来记录自然月的。仅次于它的是出土于刚果东部的另一块狒狒腿骨。这块腿骨出现在公元前两万年前，很有可能是用来做简单算数的。在埃及南部接近苏丹边境的纳巴塔·博累亚有一个用巨石摆放出的圆阵，它建于公元前四千年，是目前发现的最古老的天文台。不能不提的还有从公元前三千年开始建造的大型金字塔群。很显然，数学使我们能够更准确地描述自然界，制作计划和预见结果。

虽然没有文字记载，但“数学是揭示宇宙真理的工具”的观念普遍认为来自于公元前六世纪的古希腊哲学家毕达哥拉斯和他的信徒们。毕达哥拉斯学派发明了“数学”这个名称。他们认为数学“证明”指的是一种逻辑论证，它是那么的强大以至于它的结论是唯一的，没有任何不确定性。毕达哥拉斯定理指出，分别以直角三角形的三边画正方形，最长边的正方形面积等于另两边正方形面积之和，这就是最有名的数学证明 [当然，早在公元前一千八百年的古代巴比伦（今巴格达附近）的石板上就有船员使用这个定理的记载]。

毕达哥拉斯学派在意大利南部的克罗顿创立了一个教派，致力于研究数学的神奇魔力。他们的一个成就是发现了音乐中的数学规律。将一根绷紧的弦分为两半会产生高八度的音阶，将其三等分音阶比新音阶高 5 度，将其四等分会再高 4 度。他们认为既然数学能够用如此简单明了的方法描述音乐的和弦，它也可能用于描述宇宙和自然界的其他现象。基于阿那克西曼德（很多人认为他是历史上首位科学家和毕达哥拉斯的老师）早期的理论，毕达哥拉斯学派“试图用数字构造整个宇宙”。² 这个出现在牛顿之前两千年的理念成为了所有物理理论的基石。

在毕达哥拉斯学派的建议下克罗顿的统治者制定了宪法，从而促进了城镇经济的繁荣。但是普通民众认为他们过度神秘和崇尚精英理论。一个历史学家曾经说，“他们这种高人一等和独享深奥知识的态度在一定时期肯定令普通民众对他们难以容忍。”³ 这很有可能最终导致了毕达哥拉斯学派的悲惨下台。其中一种说法是毕达哥拉斯本人被谋杀了。科学家和普通社会民众日常生活相脱节是非常危险的，毕达哥拉斯学派的最终倒台就是人类社会早期的一个反例。

这种科学家与社会的分离在人类社会不断发展过程中不断出现。比如在 19 世纪的欧洲，大学学士的课程包括拉丁语、逻辑学和修辞学（被称为“三学科”），这些技能用于外交事物、政府运作和公众演讲。对于那些继续修

读硕士的人们，他们会学习“四艺”包括算数、音乐、地理和天文。随着人类知识的广度和深度的增长，知识种类的划分越来越精细，它们不可避免地划分成了科学和非科学。在一次影响深远的讲座中英国物理学家和作家 C.P. 斯诺指出“两种文化”——自然科学与艺术和人文科学的分离是人类社会发展的重大障碍。我也认为这种划分是非常不幸的。难道科学不是一种艺术吗？难道科学家可以与人性和道德分离吗？

美国著名的物理学家理查德·费曼是我心目中的英雄。从他的写作、教学和我们的交往中我时刻都感受到他高尚的品德和人格魅力。在他从事核武器研究时非常担心这种毁灭性的武器会给人类带来无可挽回的后果。“美籍匈牙利裔数学家约翰·冯·纽曼给了我一个非常有意思的建议：你不需要对世界负责。”费曼后来回忆到，“我接受了冯·纽曼的建议，努力迫使自己不再考虑对社会的责任。自从那以后，我已经成为了一个非常快乐的人。”⁴在费曼发表这番言语时，我还只是个年轻的科学家。我对他这种虎头蛇尾的做法非常失望，也很不理解，因为他的这些言论与我认识的他互相矛盾。直到很久以后我才理解他的无奈。费曼热爱物理，但他也知道如果使用不当，自己的研究成果很有可能造成反人性的后果。费曼无法面对残酷的现实，只能用否定自己对社会的责任的方式来逃避和解脱。

分离科学和社会是有害的。科学的特点是民主的、宽容的和豁达的，它反对教条主义，接受事物的不确定性。从很多方面来看，科学是社会的典范。如果科学家们研究的课题得到广泛的关注，并且对社会的进步具有贡献，科学家们会受到鼓舞而更加努力。18世纪苏格兰的哲学家大卫·休谟写下这样一段话：“看上去，自然指出了一种适合人类生活的方式……放纵对科学的热情，但不要忘记科学与人的行为和整个社会的关系。”⁵他同时指出，社会对于审美观和道德观的关注也可以从科学中受益：“准确在任何情况下都比所谓的美丽更重要，理性的推断远胜于温柔的情感。”⁶

休谟 12 岁就进入爱丁堡大学学习，这个年龄在苏格兰的启蒙运动时

期并不少见。“没有什么教授们传授的知识是不能在书中找到的。”⁷他在离开爱丁堡不久前的一封信中这样写道。他的独立思考能力在那个时期就已经体现得淋漓尽致。正是那个时期他发现了自己对哲学的热爱。毕业以后，他花了8年的时间完成了他的哲学巨著《人性论》，其中的第一卷后来被命名为《人类理解论》。

即使在今天，休谟的《人类理解论》也会为读者带来一些清新的理念。他的观点具有独创性，他的文风谦虚而又平易近人，是和蔼的劝说艺术的典范。他的强有力的论证推翻了两千多年的空想论。

休谟的革命性理论影响深远，其实它们是基于一个非常简单的想法：我们的存在、情感和经历是我们一切思想的基础。想象力是强大的，但是它不能替代我们对自然的感觉和本能。“再生动的想象在真实的感觉面前也会暗淡无光，”⁸进一步讲，“如果没有之前内部或外部感官的经验，我们也不可能有任何的想象。”休谟认为，即使数学中抽象的数字和形状，追根究底也是基于我们处理自然现象积累的经验。⁹

休谟确信，我们的感知和情感——我们内心和外表的经历——是我们知识的基础。这是一个非常民主化的观点：知识不是少数人的特权，它是建立在每个人都拥有的能力基础上的。在肯定数学作为认识自然界强大工具的同时，休谟也警告我们理论不能远离现实世界：“如果我们仅依靠理论来做假设而不去参考现实和经验，那么我们可以构造出任意的结论。结果就会导致荒谬的结论，比如一个掉落的鹅卵石可以毁灭太阳，或者人类可以控制行星的轨道。只有通过经验，发现自然界的因和果，我们才能够从一个事物的存在推论出另一个事物的存在。”¹⁰通过持续的强调经验的重要性，休谟把奉在“神坛”上的科学拉回到了现实生活，使得科学更具有人性化，与“我们是谁？”和“我们能做什么？”这些基本问题的联系更紧密。

休谟的坦率和怀疑主义立场导致了与教会的冲突。他的《自然宗教对

话录》(类似于伽利略的《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》)虚构了三个古希腊人辩论信仰的有效性,比如是否存在造物主,灵魂是否不朽和宗教对于凡人的作用等。在书中他鼓励开放的讨论方式,不刻意贬低任何一个辩论者,语气也委婉尊敬。休谟的朋友认为这是一部里程碑性质的著作,但是发表会带来危险。这部书直到他死后三年才匿名发表,出版商也没有署名。

休谟采用一种统一的方法去处理自然和道德哲学问题,他把这称作“人的科学”。他表示我们要平衡它们的优点和缺点:“我们要提高道德哲学和形而上学的水平,最主要的障碍在于概念和术语的含混不清。数学研究的最主要障碍在于要得出结论需要在长度和广度范围同时论证。也许,滞后我们在自然哲学上进步的主因是对恰当试验和现象的需求。不论我们有多么的勤勉和谨慎,它们总是可遇而不可求的。”¹¹ 休谟的观点非常有预见性。19世纪,层出不穷的试验和观测,推动了一个“发现的时代”的到来。甚至在20世纪,爱因斯坦也深受休谟的影响,他的核心观念与休谟关于试验和现象的看法一致。¹²

休谟提出的理论在现今仍有意义。我们科学研究的能力根植于人与宇宙的关系和人类的本质。我们的感觉和本能比我们的观念更本质。我们可以根据某种观点想象很多事情,但是它们可能是不可靠的、不合理的或不正确的。只有现实世界才能保证我们所构建的一切是诚实可信的。

科学的真谛在于发现:发现宇宙和人类自身。我们在寻找答案,随着一个问题的解决,又会引领出新的问题。宇宙中生命的意义是什么呢?我们存在的目的是什么?大多数科学家对于这些问题避而不谈,认为它们超出了科学涉及的范畴。我却认为这些问题是至关重要的。我们做事情的原因到底是什么?难道我们只是像一些科学家认为的,是以复制传承我们的基因为目的的生物机器吗?我认为我们存在的意义远大于此。那么我们从哪里可以汲取智慧呢?

休谟关于知识的哲学观念与他对道德和社会的主张紧密相连。诚实和良好的品质决定科学家的实力，也是衡量好市民的准则。而这些品质都来源与我们与自然和宇宙的联系。

.

当我还是小孩时，我会花好几个小时观察蚂蚁。我很惊讶这些幼小的生物会如此坚定地走出或回到它们的洞穴。它们是如何处理突发事件的呢？比如在它们的路中间多了一根树枝，或者被雨浸湿，甚至被风吹跑？像我们人类一样，它们一定也在不停地采集周围的重要信息，更新头脑中由这些信息构建的模型，权衡各种选择，然后做出决定。

人脑的工作原理是相似的。我们每个人都有内部的世界模型，我们用它来不停地与我们感受到的信息做比较。这个内部模型选择性的代表外部的现实世界，它只包括对我们最重要的元素和对这些元素未来变化的预见。当我们从各个感官接受到信息时，引起我们关注的是那些让我们感到惊奇的信息——我们的实际经历与我们的模型预见的不同之处，我们不得不改动我们的内部模型。科学是这种本能能力的延伸，它使得我们在更深的理解层面构建知识，从而更好地描述现实世界。

数学是最有价值的工具之一。如果我们把自然界简单到其最基本的元素，数学很有可能就成为了最有价值的工具。数学建筑在数字、形状和维度这些抽象的概念上，它们被剥离了与现实任何具体事物相关的属性。它们以一种神奇的不可预测的方式对我们的自然本能和直觉进行补充。比如，透视和阴影是纯粹的几何概念。但是当它们第一次被中世纪的意大利画家运用到绘画中时，油画从二维世界的中世纪符号一跃成为三维世界中无限丰富的文艺复兴艺术。

列奥纳多·达·芬奇把艺术和科学融合在了一起。最著名的是他的绘

画作品，有些堪称世界上最优秀的作品之一。他也创作了很多速写，比如，想象的机器和发明，植物和动物，以及通过非法解剖尸体得到的人体内部结构图。

列奥纳多从来没有发表他的速写，但是他有记录个人笔记的习惯。他的笔记虽然保留了下来，却不是按顺序整理排列的。在一段用镜像书写的草书中，列奥纳多以对权威的抵制开篇：“我很清楚地知道我不是一个很能写作的人。一些自以为是的人们会因此指责我是个没教养没文化的人。愚蠢的家伙！……我的课题是用来解释试验现象的，而不是空洞的文字理论。”¹³

列奥纳多并不反对理论，相反的，他曾经说过：“如果不是一个数学家，就不要来读我的作品。”¹⁴ 在另一处他又说：“有关机械科学的书籍远比有关发明创造的书重要。”¹⁵ 如同古希腊人，他是理性力量的拥护者。

作为一个艺术家，列奥纳多对光线、透视和阴影的着迷是可以理解的。为了解释光是如何被接收的，他在笔记本中绘制了一个由直线组成的光锥，它们的相交的顶点则是我们的眼睛。类似的，他也详尽地解释了阴影是由于光线受到遮挡造成的。他的很多数学想法可以追溯到著名的阿拉伯科学家海什木（Ibn al-Haytham, 965—1040）。他生活在公元一千年左右的埃及和伊拉克，他的《光学》(Kitab al-Manazir) 著于1021年，并在14世纪的意大利出版。

对透视和光影的科学研究，对人体结构的深入了解，以及对几何构图的熟练运用使得列奥纳多绘制出了很多令人惊叹的作品。他不但准确地捕捉现实世界，还很顽皮地加入了一些令人信服的虚拟景观（比如《蒙娜丽莎》的背景）和历史场景（比如《最后的晚餐》）。几何和光学的发展带来的艺术的转变随处可见。在文艺复兴之前，绘画作品更像是描绘世界的卡通。而文艺复兴时期，现实的表现手法则成为了主流。

有了数学的帮助，我们对世界的理解就不会只局限在我们的本能。数学模型是现实世界的一种表象。我们通过不停地尝试和发现错误来改进和

完善这个模型。就如同人类在不停地发展变化，我们的模型也在不断地进化，稳步地提高。就像爱因斯坦说的：“数学定律相对于现实来说是不确定的。如果它们是确定的，它们也就不再能体现现实世界了。”¹⁶ 换句话说，生存在一个复杂的世界里，我们人类自身能力是有限的。在这种情况下，我们能做的最好的就是集中精力去理解自然界的最基本的规律。

从行星的轨道运动、原子和分子的结构到宇宙的膨胀，很多自然界的基础特性都可以被简单精美的数学定理精确地预测。据传意大利数学家伽利略·伽利雷曾经说过：“数学是上帝用来书写宇宙的语言。”¹⁷ 毋庸置疑，数学由无懈可击的逻辑规律所构成，确实是非常强大的语言。

拿 π 举个例子。圆的周长是它的直径与 π 的乘积。巴比伦人最先估算它的值为 3，古希腊科学家阿基米德（公元前 287—212）估算它的值介于 $3\frac{1}{7}$ 和 $3\frac{10}{71}$ 之间，而后中国数学家祖冲之（429—500）估算出它的近似值为 355/113。 π 是个很奇特的数字。它的最奇特之处在于，任意画一个圆， π 值永远都是 3.14159……它的小数点后的数字一直延续下去，永远不会重复（无限不循环小数）。不仅如此，不管是一个篮球还是一个行星，如果我们要计算它的面积或体积，我们都需要 π 。在物理学里也到处都是 π 的身影：它出现在计算钟摆周期的公式里，用来计算电子或离子的相互作用力，甚至激波的强度。而这还只是开始。

我们不知道为什么数学规律能够描述自然界，但它就是可以。¹⁸ 最不平凡的是这些规律超越了文化、历史和宗教。不论你是墨西哥人或尼日利亚人，是天主教徒或穆斯林，还是说法语、阿拉伯语或日语，不论你是生活在两千年前，还是两千年以后，圆总是圆形的， $2 + 2$ 总是等于 4。

数学定理是可靠的、永恒不变的。正是基于这些特性我们构建了我们的社会。我们可以计算、规划、绘制图表。从水电的供给，到建筑、互联网和修建公路，再到金融、保险和市场预测，甚至电子音乐，数学成为沟通现代社会的隐形管道。我们一向认为这些管道的存在是理所应当的，直