

第二辑

科学与人译丛

〔英〕罗杰·彭罗斯等著

宇宙、量子 和人脑



中国对外翻译出版公司

宇宙、量子和人脑

[英]罗杰·彭罗斯 等 著
 李宁 林子龙 译

中国对外翻译出版公司

图书在版编目(CIP)数据

宇宙、量子和人脑/(英)彭罗斯(Penrose, R.)等人著;
李宁, 林子龙译 - 北京: 中国对外翻译出版公司,
1998.1

(科学与人译丛)

ISBN 7-5001-0541-X

I. 宇 … II. ①彭… ②李… ③林… III. 物
理学哲学 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 01559 号

版权登记号图字 01-97-1133

出版发行/中国对外翻译出版公司

地 址/北京市西城区太平桥大街 4 号

电 话/66168195 66168639

邮 编/100810

责任编辑/马新林

封面设计/常燕生

印 刷/北京怀柔新华印刷厂印刷

经 销/新华书店北京发行所

规 格/850×1168 毫米 1/32

印 张/5.625

版 次/1999 年 7 月第一版

印 次/1999 年 7 月第一次

ISBN 7-5001-0541-X/G·110 定价:8.50 元

“科学与人译丛”出版说明

英国著名科学专栏作家布赖恩·阿普尔亚德在其《理解现在——科学与现代人的灵魂》一书中有这样一段话：

“1609年，加利莱奥·伽利略使用一架望远镜观看月亮。这一时刻，对世界的意义如此重大，以至人们将它与耶稣的诞生相提并论。因为，就像在伯利恒，自这一时刻，人类生活中的不可能成为可能。”

阿普尔亚德据此将科学划分为伽利略之前的科学，或称“智慧”，以及从1609年开始的现代科学。前一科学建立在推理基础上，后一科学建立在观察与实验基础上。经过如此划分，我们习以为常的科学，竟然只有400年的历史。

但人类就在这400年内经历了飞速发展。

我们有了蒸汽机，有了轮船，有了电话、电报，有了飞机、火箭，有了电视、电脑、互联网络，我们还有重力场理论、元素周期表、量子力学、相对论乃至被称为“自然中最基本物体”的超弦。工业革命、农业革命、信息革命使人类的社会生活发生了前人难以想象的变化。

人类改造了自然，也改造了人类自己。回顾这一切，人类完全有理由感到自豪。因为，人类就像上帝，也有自己的“创世纪”。人说，要有科学，就有了科学。科学是好的，它行之有效。

然而，“创世纪”中写道“到第七日，上帝造物的工已经完毕，就在第七日歇了他一切的工，安息了”。而人类的工却没有完毕，400年后的今天仍然不能安息。

就像有光必有影，人在发现、发明、创造、拥有上述一切的同

时,还得到了原子弹、氢弹、核泄漏、酸雨、温室效应、臭氧层空洞乃至伴随科学技术而来的种种风险。

人类曾以为已找到了通往自由王国的必由之路,他将乘着科学的飞船,摆脱一切束缚,重新确立自己在宇宙中的位置。但在科学爆炸的 20 世纪,人类终于开始反思:

科学行之有效,但它是否就是真理?

为此,我们编辑了这套《科学与人译丛》,陆续分辑推出。其中,有对信息崇拜的批判,有对生命起源的求索,有对技术所导致风险的分析,有对世界最新科学动态和研究方向的展望。数学家用对策论证明,完全的民主实际上并无可能;物理学家提出全新的超弦理论,试图统一描述所有的力、物质的所有基本粒子和时空,继量子力学和相对论之后,成为“第三次物理学革命的重要标志”……《译丛》汇集了物理学家、数学家、生物学家、天文学家、哲学家、人类学家、伦理学家……自本世纪后半期、尤其是在本世纪末打通自然科学与社会科学之间的隔膜,对科学这一决定人类命运的工具的深刻思索。通过这套丛书,我们期望读者可以对科学的现状、科学的未来、科学的正面与负面效应,有一个较为全面的了解,更好地认识科学、掌握科学、利用科学。

中国对外翻译出版公司

作者简介

罗杰·彭罗斯：
牛津大学罗斯·玻勒数学教授

艾伯那·史墨尼：
波士顿大学哲学和物理退休教授

南希·卡特莱特：
伦敦经济和政治科学学院哲学、逻辑学和科学方法教授

斯蒂芬·霍金：
剑桥大学卢卡逊数学教授

前 言

马尔科姆·朗盖尔

近十年来,一个更为鼓舞人心的进展是出版了一些著名科学家的著作。在这些著作中,科学家们试图向外行读者介绍科学的本质与刺激性。这里举几个特别成功的、较能说明问题的例子:斯蒂芬·霍金的《时间简史》(A Brief History of Time)已载入出版史册;詹姆斯·格雷尼的《混沌》(Chaos)向我们展现了一个本质上难以理解的主题如何演绎成一本精彩侦探小说;史蒂文·温伯格的《终极理论之梦》(Dreams of a Final Theory)使得现代粒子物理的特性与目标既非常易于理解,又十分令人信服。

在这个流行的浪潮中,罗杰·彭罗斯 1989 年的著作《皇帝的新脑》(The Emperor's New Mind)表现得与众不同。其他作者都看重于传递现代科学的内容与刺激性,罗杰的著作则为了把物理、数学、生物学、脑科学,甚至哲学的明显迥异的各个方面归纳到一个新的、尚无明确定义的基本过程理论,提供了一幅极富说服力的原始景象。毫不奇怪,《皇帝的新脑》引起了很大争议。罗杰于 1994 年发表了第二部著作——《大脑的影子》(Shadows of the Mind)。在这本著作中,罗杰试图反驳一些批评意见,并进一步说明和发展了自己的观点。在 1995 年的坦那讲座中,罗杰全面阐述了他在两本著作以及其后与艾伯那·史墨尼、南希·

卡特莱特和斯蒂芬·霍金的有关争论中的主要观点。这三次讲座被编入本书的第一、二、三章,在这三章里,罗杰耐心地介绍了他在两本著作中详细论述的思想,三位争鸣者在第四、五、六章中提出了许多他们所关心的问题。罗杰在第七章对这些问题作了评述。

罗杰的这些章节本身非常雄辩,但是,不妨对他在论述现代科学最突出的问题时所采用的特定方法做一简单说明。罗杰是国际公认的当代最有才华的数学家之一,但他的研究工作常常植根于真正的物理学范畴。他最为著名的工作是在天文物理和宇宙学领域对重力相对论理论的有关定理的研究,其中的一些工作是与斯蒂芬·霍金合作完成的。其中的一条定理是,根据经典的重力相对论理论,黑洞内不可避免地存在一种物理奇异,即空间的某一区域,在这一区域,空间曲率(或称物质的密度)变得无限大。另一条定理是,根据经典的重力相对论理论,宇宙大爆炸模型的初始阶段一定存在一种相似的物理奇异。这些结果表明,在某些条件下,这些理论存在着一系列的不足,因为所有物理意义的理论都应该避免物理奇异。

然而,这只是彭罗斯在数学和数学物理的许多领域的巨大贡献的一个方面。彭罗斯的方案是一种粒子可以从旋转黑洞的循环能量中获取能量的方法。彭罗斯图用来研究黑洞附近物质的表现。他的许多方法都给人一种非常强烈的、几何的、近乎形象化的感觉,这表现在本书的第一至三章里。普通公众主要通过 M.C. 艾舍尔的“看似不可能的”图案和“彭罗斯地砖”熟悉了罗杰这方面的工作。有意思的是,正是彭罗斯和他父亲 L.S. 彭罗斯的论文指出了艾舍尔的一些“看似不可能的”绘画中的灵感。而且,艾舍尔的循环极限图还在第一章里用来表现彭罗斯对双曲线几何学的热衷。彭罗斯地砖也是很有意义的几何学组

合,它使得一块无限的平面可以用较少数目不同形状的地砖铺满。这些地砖的最令人吃惊之处是,完全铺满无限平面的地砖是非重复性的,即,对于一块特定形状的地砖而言,在无限平面上其它任何一点都找不出形状完全相同的另一块。罗杰在第三章讨论精确定义的数学过程中的特定集合是否可以通过计算机计算出来的问题时这一主题还将出现。

因此,罗杰在研究现代物理学中最突出问题时应用了数量惊人的数学武器和大量的数学、物理学的最新成就。他所研究的问题是实实在在的,而且很有意义,这一点毫无疑义。宇宙学家有很好的理由确信,大爆炸提供了我们所有的、用以理解宇宙大范围特征的最有说服力的图景。然而,它在某些方面也存在着严重的缺陷。多数宇宙学家确信,我们已经对用以研究从大约千分之一秒寿命到现在的时间跨度内宇宙所有特征的基本物理学有了很好的了解。然而,这种景象只有当我们非常谨慎地限定了初始条件时才是正确的。其中最大的问题是,当宇宙的年龄小于千分之一秒时,我们尝试和检验过的物理学已经无能为力,因而必须依赖于已知物理学定律的合理推论。我们非常清楚,必须存在这些初始条件,但对需要存在这些初始条件的原因仍停留在推测阶段。这些是当代宇宙学公认的最重要的问题。

人们为了尝试解决这些问题建立了一个标准框架,即早期宇宙的膨胀图。甚至在这张图里,我们宇宙的某些特征也被假设起源于最早的有意义的时间里,即人们所知的普朗克元期,这个时间是理解量子重力所必需的。该元期出现于宇宙年龄大约只有 10^{-43} 秒的时候。这看起来有些极端,但是,在我们今天认识水平的基础上,我们必须着重注意这些极端的元期内发生的事情。

就目前情况看,罗杰接受了传统的大爆炸的图景,但他拒绝接受宇宙早期阶段的膨胀图。而且,他相信,有一些与正规的重力量子理论有关的物理学理论尚未为世人所知,尽管许多理论家为解决这个问题已付出了多年的努力,但仍未提出这种理论。罗杰争辩说,这些理论家一直在试图解决错误的问题。他的部分观点与整体宇宙熵的问题有关。由于熵(或者简单说是无序)随时间而增加,因此,宇宙的初始一定高度有序,只有很小的熵。偶尔发生这种情况的概率极小极小。罗杰说,这个问题必须作为量子重力的一部分正确理论得到解决。

由于量子的必然性,罗杰在第二章讨论了量子物理问题。量子力学,以及量子领域相对论理论的发展,已经在解释很多粒子物理的实验结果以及原子和粒子的特征方面取得了很大的成功。然而,经过很多年以后,这个理论的物理学意义才为大家所接受。正如罗杰所漂亮地描述的那样,这个理论如同其部分本质结构一样,包含了极为非直观的特征,这在经典物理学中是没有先例的。例如,非定域性现象意味着当一个物质——反物质对形成后,每个粒子都包含其形成过程的“记忆”,在这个意义上,它们就不能被看做是彼此完全无关的。正如罗杰所言,“量子的纠缠是一种非常奇怪的东西。它有点像介于分离的物体和相互交流的物体之间的东西”。量子力学还能让我们得到可能发生但没有发生的过程的信息。他所讨论的给人印象最深的例子就是令人吃惊的伊里茨——魏德曼爆炸测试问题,该问题描述了量子力学与经典物理学的不同之处。

这些非直觉的特征是量子物理结构的一部分,但还有更深层的问题。罗杰关心的焦点问题是我们用量子水平的现象与肉眼可及的量子水平的观测结合起来的方法。这是一个有争议的领域。大多数实验物理学家简单地采用量子力学的规则作为计

算的工具,偶尔能得出特别精确的答案。如果我们正确地应用这些规则,我们就能得到正确的答案。然而,这涉及到把简单的量子水平线性世界的现象转换到现实世界的实验中去的在某种程度上不太精确的过程。这个过程包括人们所知的“波功能坍塌”或者“态矢量减缩”。罗杰相信,某些物理学基本内容正在从量子力学的传统景象中消失。他争辩说,需要一个完整的理论,“波功能的客观减缩”是该理论的一个组成部分。这个新理论应该在合适的限度条件下还原到传统的量子力学和量子领域的理论,并且能够解释新的物理现象。这其中就可能包含对量子重力问题和早期宇宙物理学问题的解释。

在第三章,罗杰寻求发现数学、物理学和人脑的共同特征。令人吃惊的是,抽象数学这门逻辑最精密的学科,常常不能在数字化计算机上进行程序处理,不论计算机有多么精确,内存有多么大,都是如此。这种计算机不能用人类数学家的方法发现数学定理。这个令人吃惊的结论是通过高戴尔定理的变式得到的。罗杰解释说,这表明了数学思考的过程,并由此推断,所有的思考和有意识的行为都是由“非计算性”的方式完成的。这是一个很有意义的线索,因为我们的直觉告诉我们,大量的有意识的活动也是“非计算性”的。由于这个结论在他的一般讨论中极为重要,罗杰在《大脑的影子》中花了一多半的篇幅来证明对高戴尔定理的这种解释是无懈可击的。

罗杰的想法是,在某些情况下,量子力学的问题和理解意识的问题在一些方法上是互相关联的。非定域性和量子相干性原则上提供了大脑的很大领域能够协调工作的方法。他相信,意识的非计算性特点可能与有关的波功能客观减缩到肉眼观察范围的非计算性过程有关。他并不以简单阐述一般性原理为满足,而是试图弄清楚大脑结构的各种类型,这些类型可能包含了

新的物理过程。

上述结论肯定不能准确表明这些思想的产生、发展,以及在本书中所显示的才华。通过这个说明,一些基本主题在决定他的思路方面发挥着重要作用。或许,具备很强的数学能力来描述自然界的基本过程是最重要的。正如罗杰所言,在某种意义上,物质世界产生于数学的精神世界。但是,我们既没有因描述世界的需要,也没有从实验和观测中推导出适合数学规则的新数学方法。可以通过广泛的一般性规则和数学本身获得对世界结构的理解。

这些大胆的观点成为争议的主题是毫不奇怪的。来自不同专业背景的专家们作为争鸣者提出了许多观点。艾伯那·史墨尼赞同罗杰的一些目标——按照罗杰概述的相同思路,他同意量子力学的标准方程存在一些不完备之处,他还同意量子力学的概念与理解人脑有关。然而,他声称,罗杰“是一名登错了山峰的登山者”,他建议罗杰换一个建设性的方法来探讨同一问题。南希·卡特莱特提出了一个基本问题,即是否物理学就是理解意识本质的正确的出发点。她还提出了一个尖锐的问题,即主宰不同的科学学科的那些定律是如何互相推导的。最严厉的批评来自罗杰的老朋友和同事斯蒂芬·霍金。在很多方面,霍金的立场与大多数物理学家的立场是最接近的。他提出要罗杰发展一种关于波功能客观减缩的详细理论。他否认物理学家很有资格对意识问题发表意见。这些观点都是情有可原的,但是罗杰在本书最后一章给争鸣者的答复中捍卫了他的立场。

罗杰的成功之处在于他提出了一种关于数学物理学家在21世纪如何进一步发展的观点或宣言。他通过第一至三章完成了一篇有机联系的记叙文,说明了故事的各部分如何能适合于一种全新物理学的、条理清楚的图景。这个全新物理学包括

了他主要关心的非计算性和波函数客观坍缩的问题,对这些概念的验证将取决于罗杰和其他人把这个物理学新理论变为现实的能力。而且,即使这个计划不能马上取得成功,包含一般性概念中的上述观点是否有益于未来理论物理学和数学的发展呢?如果答案是否定的话,将确实出人意料。

目 录

作者简介.....	(VIII)
前言.....	马尔科姆·朗盖尔(IX)
第一章 空间—时间和宇宙论	罗杰·彭罗斯(1)
第二章 量子物理的奥秘.....	罗杰·彭罗斯(47)
第三章 物理学与人脑.....	罗杰·彭罗斯(86)
第四章 关于智力、量子力学与潜势现实化	艾伯那·史墨尼(130)
第五章 为什么偏偏是物理学?	南希·卡特莱特(143)
第六章 无悔的简化论信奉者的异议	斯蒂芬·霍金(150)
第七章 答复	罗杰·彭罗斯(153)

第 一 章

空间—时间和宇宙论

罗杰·彭罗斯

本书书名叫做《宇宙、量子和人脑》，宇宙是本章所要讨论的主题。第一、二章讨论的是如图 1.1 所示、用一个“圈”代表的物质世界。但是，我在这两章里不会像植物学书籍的章节那样，详细描述世界各地的物种分布，而是把重点放在要理解那些支配世界运转的定律上。我之所以把对物理定律的描述分为“宇宙”和“量子”两章，一个原因就是宏观尺度和微观尺度上支配世界运转的定律是极为不同的。这些定律间差异的实质，以及我们处理这些差异的方式，将是第三章讨论人脑时的中心主题。

我不仅将从描述物质世界运行的物理理论的角度来探讨这个物质世界，而且还将探讨另一个世界——绝对的精神世界，并将像描述精确存在的世界一样描述其特殊的作用。也许你会说，精神世界的其它内容，如“好”和“美”等，同样是绝对存在的。但是，本书只涉及精神世界的数学概念。人们发现，很难把这个世界想象为独自存在的世界。他们更倾向于仅仅用数学概念对我们这个物质世界做出理想化的解释，由此，我们会想到从物质客体的世界中产生出数学世界(图 1.2)。



图 1.1

我以为上述观念既不是目前我对数学的看法,也不是大多数数学家或数学物理学家对世界的看法。他们采取的是另一个不同的思路,把物质世界想象成为由永恒的数学定律所精确操纵的一种结构。因此,他们倾向于认为物质世界是由永恒的数学世界产生的更加合适(如图 1.3 所示)。图 1.3 很重要,我在第三章还要谈到它,它在第一、二章也是我的观点的重要支撑。

世界是怎样在一个相当精确的程度上归结到数学的?这是关于世界运行的一个值得注意的现象。我们对物质世界了解得越多,对自然规律探索得越深,我们就越感觉到好像物质世界几乎不存在了,而只给我们留下了数学。对物理定律了解得越深,我们就越被带进一个数学和数学概念的世界。

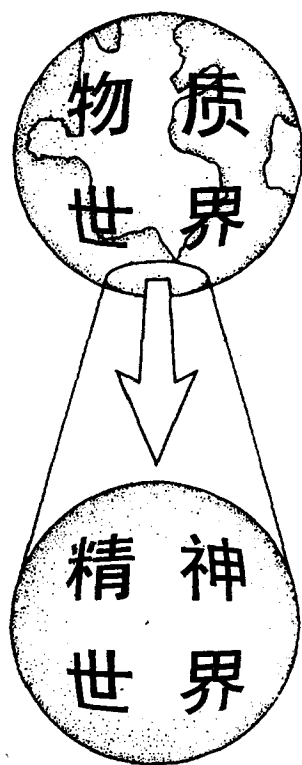


图 1.2

我们来看看我们在宇宙中所涉及的尺度范围,以及我们在其中所处位置发挥的作用。我把所有这些尺度用一个简图(图 1.4)表示。简图的左栏是时间尺度,右栏是相应的空间尺度。简图的左下角表示的是有物理意义的最短时间尺度,为 10^{-43} 秒,通常称为**普朗克时间尺度**或“**克罗农**”。这个时间尺度比任