

科学大师佳作系列

六个数

——塑造宇宙的深层力

JUST SIX NUMBERS

马丁·里斯 著

石云里 译

上海科学技术出版社

六 个 数

——塑造宇宙的深层力

(美)马丁·里斯 著
石云里 译

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

六个数——塑造宇宙的深层力 / (美)里斯著; 石云里译. —上海: 上海科学技术出版社, 2001. 11

(科学大师佳作系列)

ISBN 7-5323-6214-0

I. 六... II. ①里...②石... III. 宇宙学—普及读物 IV. P159-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 073983 号

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所经销

2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月第 1 次印刷

开本 850×1168 1/32 印张 5 插页 4 字数 125 千

印数 1—5 200 定价: 10.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,

请向本社出版科联系调换

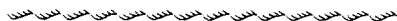
内 容 提 要

本书是美国布罗克曼公司推出的一套反映世纪之交科学前沿问题的《科学大师佳作系列》之一种。全世界有二十几个国家和地区同时推出本书的二十几种译本。

一般来说,预测 20 年甚至 100 年后的情况虽然需要考虑,但还不至于难以启口。如果有人有根有据地预测一个尺度为 1 后面跟着 100 万个零(单位当然是光年)的世界过了长达 1 后面跟着 100 个零的年头之后会怎样;或者,推测当世界还只是小数点之后跟着 43 个零那么大时,它在短到小数点之后有着多于 43 个零的刹那间如何在一个十维的空间里振动,我们有限的想象力和理解力就要面临巨大的挑战了。作为权威的宇宙学家,作者以他深刻的洞察力用仅仅六个数字将宇宙学中看似无关的众多发现连在了一起。我们从何处来,到何处去,对于这两个人类追问了千百年的问题,作者提供了迄今为止最为彻底的答案。倘若这六个数字中的任何一个稍有变动,是不是还存在能提出上述问题的我们都会是一个疑问……

Published by arrangement with
JOHN BROCKMAN ASSOCIATES, INC.
in association with BARDON-CHINESE MEDIA AGENCY
ALL RIGHTS RESERVED

关于《科学大师佳作系列》



这是全球出版界的一次大行动,当代科学大师亲自
出马,带领读者作一次现代科学的知性之旅,全球 26 种
语言同步出版。

编译委员会名单

编译委员会主任	朱光亚
顾 问	龚心瀚
编译委员会副主任	谢希德
	叶叔华
编译委员会委员	(以姓氏笔划为序)
	文有仁
	卞毓麟
	陈念贻
	杨沛霆
	杨雄里
	吴汝康
	何成武
	郑 度
	洪国藩
	胡大卫
	谈祥柏
	戴汝为

《科学大师佳作系列》中文版序

人类正在迎接世纪之交。即将消逝的 20 世纪,科学技术又有了过去无法比拟的巨大发展与进步。科学上的重大发现,与技术发明、创造相互交替影响与促进,使人们对客观世界的认识更深入、更丰富多彩了。

以“宇宙演化”这一课题为例,《科学美国人》杂志 1994 年 10 月号以“宇宙中的生命”为题的专刊,登载了詹姆士·皮博(P. James E. Peebles)等 4 位科学家的综述文章,介绍了近年来对宇宙起源的演化问题的研究成果——大爆炸标准模型。按照这一理论,宇宙是在大约 150 亿年以前从炽热而且稠密的物质与能量“大爆炸”而形成,随着它急骤膨胀、冷却,逐渐衍生成众多的星系、星体、行星,直至出现生命。人类生活于其中的太阳系,约在 50 亿年前才开始出现。这篇文章指出,研究宇宙学问题的还有哲学家、神学家、神秘主义者;然而,与他们不同的是,科学家们只接受经过实验或观测检验过的事实。文章还指出:“我们对宇宙起源与演化的认识,是 20 世纪科学研究的重大成就之一,这正是基于几十年的创新实验与理论研究的结果。用地面和发射到空间的现代望远镜,可探测到远在数十亿光年之外的星系发出的光,它告诉我们宇宙年轻时是何种模样。用粒子加速器可探索宇宙演化初期其高能环境的基础物理学。用人造卫星可探测到宇宙早期膨胀后留下的本底射线,使我们在能观察到的宇宙最大尺度范围内勾画出它的大致图象。”当然,由于观察和实验受到条件和能力的局限,正如过去许多理论认识仅是客观真实的一种近似那样,也还有许多问题尚不能由这一理论作出回答,需要科学家们继续努力进行创新研

究,并通过更多的观察、实验来解决。

江泽民同志近年来多次指出,各级领导干部要努力学习与掌握现代科学技术知识。1994年12月,中共中央、国务院发出了《关于加强科学技术普及工作的若干意见》,要求从科学知识、科学方法和科学思想的教育普及3个方面推进科普工作。问题是:当代科学之发展如此迅速,其前沿领域又如此艰深,究竟能不能凭借通俗的语言,使广大干部和社会公众对当代科学成就取得比较中肯的了解?

这很不容易,但回答仍是肯定的。已故美国科普泰斗艾萨克·阿西莫夫(Isaac Asimov)曾经说过:“只要科学家担负起交流的责任——对于自己干的那一行尽可能简明并尽可能多地加以解释,而非科学家也乐于洗耳恭听,那么两者之间的鸿沟便有可能消除。更能满意地欣赏一门科学的进展,并不非得对科学有透彻的了解。归根到底,没有人认为,要欣赏莎士比亚,自己就必须能写出一部伟大的文学作品。要欣赏贝多芬的交响乐,也并不要求听者能作出一部同等的交响乐。同样地,要欣赏或享受科学的成就,也不一定要非得躬身于创造性的科学活动。”

这番话很有道理。而美国布罗克曼公司组织编写的《科学大师佳作系列》(Science Masters Series)则堪称贯彻这一宗旨的上乘之作。该系列的作者们,既是当代科学前沿研究领域中享有盛誉的专家,又是成绩卓然的科普作家。他们的这些作品内涵丰富,深入浅出,水准确实是很高的。同时,该系列的选题布局也很有特色:既有选择地抓住了当前科学发展的若干热点或焦点,又从整体上兼顾了学科覆盖面。这从该系列第一辑12本书和第二辑10本书的选题即可见一斑。

《科学大师佳作系列》是世界科普出版界的一项盛举:它将在全球范围内的十几个国家中,以二十几种语言出版。上海科学技术出版社与布罗克曼公司签约,取得了出版中译本的版权。为确保中译本早日问世,出版社邀请了10余位专家、学者组成中文版编译委员会,决定每拿到一本英语原著打字稿,即着手组织本学科

领域中既有学术专长、又有著译和科普写作经验的学者翻译。经过编译委员会诸同仁和全体译、校、编者的共同努力,《科学大师佳作系列》中译本中首先推出的3本已呈献于读者面前,即《宇宙的起源》、《宇宙的最后三分钟》与《人类的起源》。这3本书也正好是我前面举例讲到的介绍“宇宙的起源与演化”课题的精辟之作。作为中文版编译委员会的主任,我对此委实是不胜欣喜的。

该系列的作者之一、哲学家丹尼尔·丹尼特说过:“我将这项计划(按:即出版《科学大师佳作系列》)视为向这个世界撒下了一张网,它捕获的将是我们这颗行星的下一代思想家和科学家。”但愿果真如此。与此同时,我也衷心地企盼我国的科学家、科普作家、出版家们能并肩奋斗,不懈努力,写作和出版一批足以雄视世界科普之林的传世佳作,为我国科学事业的长足进步作出更大的贡献。

谨序如斯,愿与读者共勉。

朱 光 亚

1995年1月20日于北京

致 谢

首先,我应该向数年来共同研究和学习的同行表示谢意,但我同样感谢同我深入讨论过宇宙学问题的非专业人士:这些讨论要么指示出“大画面”中的紧要之点,要么提醒我一些最重要的问题尚未得到解答,这总能给我带来新的视角。因此我要特别感谢戴维·哈特(David Hart)、格雷伊姆·米彻森(Graeme Mitchison)、汉斯·劳辛(Hans Rausing)和尼克·维布(Nick Webb),本书正是为这样的读者而写的。在避免技术性的同时,我试图在前因后果中来介绍新发现,在言之有据的论断与假想的推测之间划清界限,并突出在它们背后仍然存在的奥秘。

感谢约翰·布罗克曼(John Brockman)约我为《科学大师佳作系列》丛书撰稿,感谢他在本书酝酿过程中的耐心。Weidenfeld & Nicolson 出版公司的托比·芒迪(Toby Mundy)和埃玛·巴克斯特(Emma Baxter)在编辑和出版过程中始终大力相助,我对他们深怀谢忱。还要感谢理查德·斯沃德(Richard Sword)和朱普·沙伊(Joop Schaye)为本书制作插图,布赖恩·阿莫斯(Brian Amos)为本书编制索引以及朱迪思·莫斯(Judith Moss)为本书承担的秘书工作。

前 言

天文学是最古老的数字科学，在古代历法和航海中作用重大。如今，这门学科中正涌动着一波又一波发现的浪潮。在跨入新千年之际，对时间的持续关注使我们对宇宙环境更有兴趣。天文学仍旧是数字的科学，而此书则是关于六个数字的故事，它们决定了宇宙以及我们在其中的地位。

在古代地图那些模糊的边界线上，制图家们写着“可能有龙”。当航海先驱环游地球，勾画出大陆和海洋的大致轮廓后，后代探险家们又补充进各种细节。但从那以后再也没有发现新大陆的希望，也无法指望有一天会彻底重估地球的大小和形状。

在 20 世纪末，在绘制宇宙蓝图的过程中，我们显然也已经到达了同样的阶段：那些大的轮廓现在正受到关注。这是数以千计的天文学家、物理学家以及技术人员利用大量不同的技术共同取得的成就。现代望远镜将触角伸向宇宙深处；由于遥远天体的光芒要通过漫长岁月才抵达我们眼前，我们由此也能从中窥视其遥远的过去；我们已经检测到宇宙形成最初几秒中留下的“化石”。空间技术揭示了中子星、黑洞以及许多极端现象的存在，扩展了我们关于物理定律的知识。这些进步极大地拓展了我们的宇宙视野。与此同时，对原子内部微观世界的探索，从最小的尺度上为我们提供了对空间本性的新认识。

展现出来的画面——一幅时间和空间的蓝图——出乎大部分人的意料。它提供了一种新的视点，向人们展示单独一次“创世事件”是如何创造出亿万个星系、黑洞、恒星和行星，原子是如何在地球上和其他可能的世界里汇集成如此复杂的生命体，令人对它们

的起源凝思再三。恒星与原子,宇观与微观,相互间存在着深刻的联系。本书将用非技术化的语言描述控制着我们乃至整个宇宙的力。我们的出现和生存取决于宇宙的非常特别的调节,而这宇宙也许比我们实际理解的宇宙范围大得多。

目 录

前 言	1
致 谢	1
第一章 宇观与微观	1
第二章 我们的宇宙栖息地(一): 行星、恒星与生命	11
第三章 大数 N : 宇宙中的引力	22
第四章 恒星、周期表与 ϵ	37
第五章 我们的宇宙栖息地(二): 走出银河系	47
第六章 精心调制的膨胀: 暗物质与 Ω	64
第七章 数字 λ : 宇宙膨胀是在减慢还是在加快	81
第八章 原始时代的“微滴”: 数字 Q	91
第九章 我们的宇宙栖息地(三): 我们的视界之外有什么	103
第十章 三维(与更多维)	118
第十一章 巧合, 天意, 还是多重宇宙	130

第一章 宇观与微观

人……与所有已知和不可知的现实之间存在着千丝万缕的联系……从海上磷光点点的浮游生物到飞旋的行星，直至膨胀着的宇宙，一切都被时间的弹性之弦绑在一起。立足海隅，放眼星际，再回眸海隅，这是明智的做法。

约翰·斯坦贝克，《科尔茨海航行记》

六个数字

数学定律是我们宇宙结构的基础——不单原子如此，星系、恒星和人也是如此。原子的性质——它们的大小、质量、种类以及把它们连接在一起的力——决定了我们现实世界的化学组成，原子的存在又取决于深藏在它们内部的那些力和粒子。天文学家研究的对象——行星、恒星和星系——则均由引力支配，任何事件均发生在一个正在膨胀的宇宙舞台上，其性质早在大爆炸开始时就已被烙入肌肤。

科学通过辨别自然界的各种特征和规律而不断进步，越来越多的现象能够被归结为一些普遍的类型和定律。理论家们志在把物理定律浓缩成一组统一的方程和少数几个数字。道路依然漫长，但进步已卓然可见。

本书将描述六个数字，它们在今天显得特别重要。其中两个与那些基本的力有关；两个确定了我们宇宙的大小和整体构造，决定其是否会永存下去；另外两个则确定了空间本身的性质：

- * 宇宙之所以如此大,是因为自然界存在一个至关重要的巨大数字 N ,其大小为 1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000。这个数字是使原子相互结合的静电力与原子间万有引力的商。假如 N 后面少几个零,则只会出现一个昙花一现的小宇宙:其中没有一个生物会长得比一只昆虫大,也没有时间让生物进化。
- * 另一个数字是 ϵ ,大小为 0.007。它决定了原子核内聚的坚固程度以及地球上所有原子的生成。它的值既控制着来自太阳的能量,又更加灵敏地左右着恒星把氢转变成元素周期表中全部元素的方式。由于恒星内部发生的一切,才使得碳和氧比比皆是,金和铀则较为罕见。假如 ϵ 变为 0.006 或者 0.008,我们就不复存在。
- * 宇宙常数 Ω (欧密伽)表示我们宇宙中物质的数量——星系、弥散气体和“暗物质”。 Ω 告诉我们引力与宇宙膨胀能量之间的重要关系。二者间的比值如果远远高于一个特定的“临界”值,则宇宙早已分崩离析;如果太小,又不会有星系和恒星形成。起始的膨胀速度似乎经过了精密的调选。
- * 对第四个数字 λ (兰姆达)的测量是 1998 年最大的科技新闻。一种确定无疑的新力——一种宇宙“反引力”——控制着我们宇宙的膨胀,尽管在小于十亿光年的尺度上分辨不出它的影响。当我们的宇宙变得更暗和更加空洞时,它注定将取代引力和其他各种力成为主导力量。幸运的是, λ 非常之小(对理论家来说,这非常令人惊奇)。否则,它的影响会阻止星系和恒星的形成,宇宙的演化在尚未开始前就会被扼制。
- * 宇宙全部成员的种子(恒星、星系及星系团)在大爆炸中已经铸就。我们宇宙的结构取决于一个数 Q ,它表示两种基本能量的比值,大小约为 1/100 000。如果 Q 比这小得太多,则宇宙就会变得死寂而无序;如果 Q 比这大得太多,宇宙又会成一个暴乱之域,由一些巨型黑洞主宰,恒星和太阳系根本无缘存在。

* 人类认识第六个关键数字已经许多世纪,尽管今天我们是用一种新眼光来看它。这就是我们世界的空间维数 D ,其值为三。假如 D 是二或者四,生命将不复存在。时间是第四维,但与这三维判然不同,因为它带有一个与生俱来的箭头:我们只能“迈向”未来。黑洞附近的空间是如此弯曲,以致光线沿圆周传播,时间也会变得静止不动。再往前说,在接近大爆炸的时间和微观尺度上,空间将在十维的向度上显现其终极的基本结构:一些称为“超弦”物体的谐和振动。

这些数字之间也许存在某种关联。然而,此时此刻,我们还不能从其中一些数字里推出其中另外一个数字的值。我们也不知道,是否有某种“包罗万象的理论”可以最终推出一个公式,或者使它们相互关联,或者使它们被唯一确定。我特别指出了这六个数字,因为它们每一个在我们的宇宙中都起着关键而独特的作用,它们共同决定了这个宇宙的演化方式及其内部潜在的一切;而且,其中三个(即与大尺度宇宙有关的几个数字)现在可以以任意精度进行测量。

这六个数字组成了一个制造宇宙的“秘方”,而且,它们的值对产出结果的影响十分灵敏:如果其中任何一个出现“失调”,那就不可能会有星体和生命。这种调选究竟是一种残酷的现实还只是一种巧合?或者是出自一位仁慈造物主的神意?我以为,全都不是。在这些数字不同的地方,照样会有无限多个宇宙安然存在,其中大多不是死产就是不育。只有在这些数字“正确”组合的宇宙里,我们才得以出现(因此我们现在自然就能发现自己)。这一认识为我们理解我们的宇宙、理解我们在其中的地位以及物理定律的本性提供了一种全新的视角。

一个起点如此“简单”,仅由很少几个数字决定的宇宙,通过不断膨胀,居然能演化成我们这个结构如此复杂的宇宙(如果这些数字业经正确“调选”的话),这一点委实令人惊异。让我们首先在所有尺度上来审视这些结构,从原子到星系。

变焦镜中看宇宙

让我们从在几米远处为一对男女所摄的最普通的“快照”开始，然后依次拉大拍摄距离，每次拉大的距离为前一次的十倍。第二个镜头显示的是他们所站的那块草地，第三个镜头显示他们位于一个公园内，第四个镜头中出现了一些高大建筑，接着是整个城市。再往前就是一段地平线，从如此高处俯视过去，它明显地现出了弯曲。再过两个镜头，我们就会看到那自 20 世纪 60 年代以来就已经为人们所熟悉的壮观画面：整个地球——陆地、海洋和云层——还有那生物圈，看上去像只精致的玻璃球，与月球那死寂的特征判然不同。

再跳过三个镜头就是太阳系的内层，地球在比水星和金星更远的轨道上绕太阳运行；下一个镜头是整个太阳系。再往后拉四个镜头（从将近一光年处取景），我们的太阳看上去变成了周围众星中的一员。再过三个镜头后，我们看到了我们银河系扁盘上那数十亿万颗相同的恒星，分布在十几万光年的范围内。再过三个镜头，银河系也变成了一个螺旋状星系，与仙女星系相伴。从更远处看来，这两个星系又变成了室女星团中众多星系中的成员。再前拉一个镜头，室女星团本身也变得相当普通。即便我们脑海中的长焦镜头具有哈勃太空望远镜那样的放大率，在最远的那个镜头中，我们整个星系也会变成几十亿光年远处的一块难以辨认的光斑。

这就是我们这次变焦摄影的终点，我们的视野无法再向前延伸，但是，从几米远的“人”开始，我们要经过 25 次变焦才能达到我们可见宇宙的边界，每次跳跃的距离都要成十倍增加。

另外一组变焦镜头是朝里推而不是朝外拉。从不足一米处，我们看见了一只胳膊，从几厘米远处——这是我们肉眼所能看到的最近距离——可看到一小块皮肤。下几个镜头把我们带入人体纤巧的组织中，然后进入一个单一的细胞（人体中的细胞数目是我们星系中恒星数目的 100 倍）。接着，在一架高倍率显微镜的分辨率内，我们探查到单个分子的结构：复杂的蛋白质长链和 DNA 的