

TURING 图灵新知

# 黑洞与暗能量

## 宇宙的命运交响

[法] 让-皮埃尔·卢米涅

著

卢祖甫 余超

译

### Le Destin de l'Univers



中国工信出版集团



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

# 黑洞与暗能量

宇宙的命运交响

---

[法] 让-皮埃尔·卢米涅

著

卢炬甫 余超

译

---



L e D e s t i n e e d U n i v e r s e

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目(CIP)数据

黑洞与暗能量: 宇宙的命运交响 / (法) 让-皮埃尔·卢米涅著; 卢炬甫, 余超译. -- 北京: 人民邮电出版社, 2017.11

(图灵新知)

ISBN 978-7-115-46729-4

I. ①黑… II. ①让… ②卢… ③余… III. ①黑洞—普及读物 IV. ①P145.3-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第221093号

Original title: *Le Destin De L'Univers* by Jean-Pierre LUMINET

© Librairie Arthème Fayard, 2006, 2010

CURRENT CHINESE TRANSLATION RIGHTS ARRANGED THROUGH DIVAS INTERNATIONAL, PARIS.

巴黎迪法国际版权代理 (www.divas-books.com)

本书中文简体字版由 Librairie Arthème Fayard 授权人民邮电出版社独家出版。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有, 侵权必究。

## 内 容 提 要

本书围绕黑洞与暗能量两大主题, 详细阐述了恒星、黑洞等宇宙天体诞生、演变与陨灭的精彩历程, 揭示了黑洞与暗能量的真实面貌, 在围绕人类揭秘宇宙的恢弘人文与历史背景中, 讲述探索宇宙的物理与天文知识。

- 
- ◆ 著 [法] 让-皮埃尔·卢米涅  
译 卢炬甫 余超  
责任编辑 戴童  
责任印制 彭志环
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 800×1000 1/16  
印张: 29.25 彩插: 4  
字数: 607千字 2017年11月第1版  
印数: 1-4000册 2017年11月北京第1次印刷  
著作权合同登记号 图字: 01-2015-4403号
- 

定价: 99.00元

读者服务热线: (010) 51095186 转 600 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147号



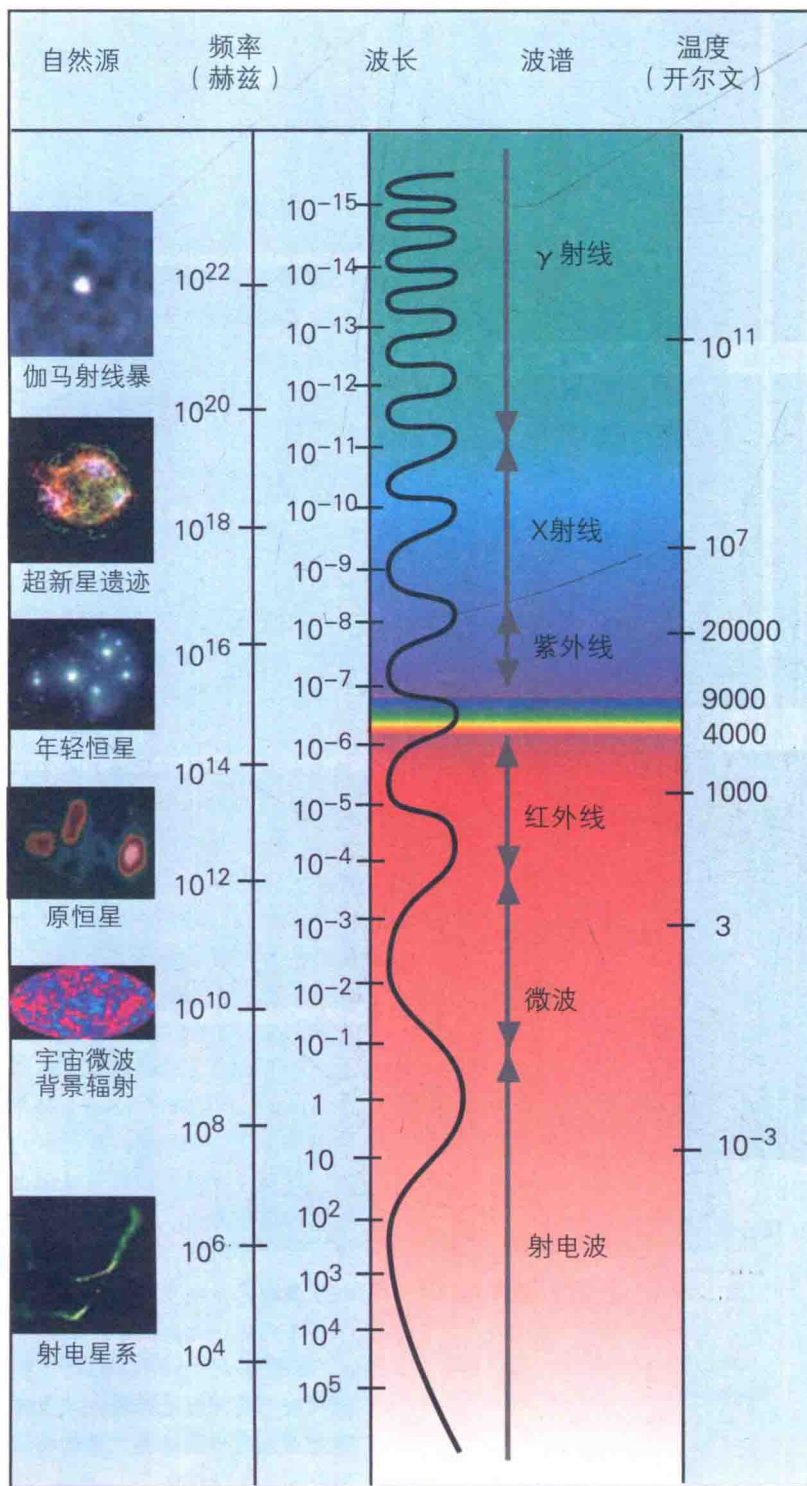
站在巨人的肩上

Standing on the Shoulders of Giants



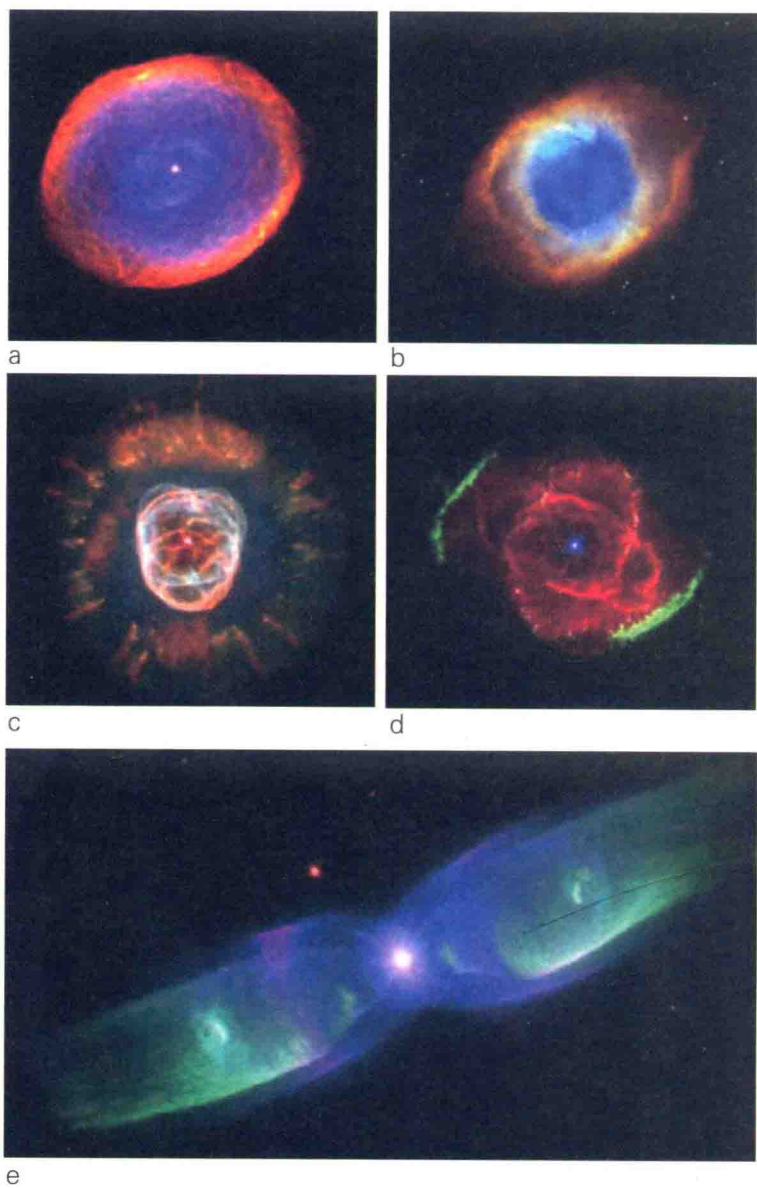
站在巨人的肩上

Standing on the Shoulders of Giants



彩图 1 电磁辐射的范围

电磁辐射的范围是从  $\gamma$  射线 (波长最短) 到射电波 (波长最长)。可见光分成各种颜色, 只占整个波谱的很小一部分。波的频率是每秒内振动的次数, 它也衡量电磁波携带的能量大小, 频率越高则能量越大。所有温度高于绝对零度的物体都能发射电磁波, 温度越高则波的能量越大。宇宙的平均温度为 2.7 开尔文, 因而发射毫米波。人体发射红外波 (可用于军事侦察)。大多数恒星的表面温度为几千开尔文, 故发射可见光, 高达几百万度的天体则发出穿透力很强的高能 X 射线。



彩图 2 星云调色板

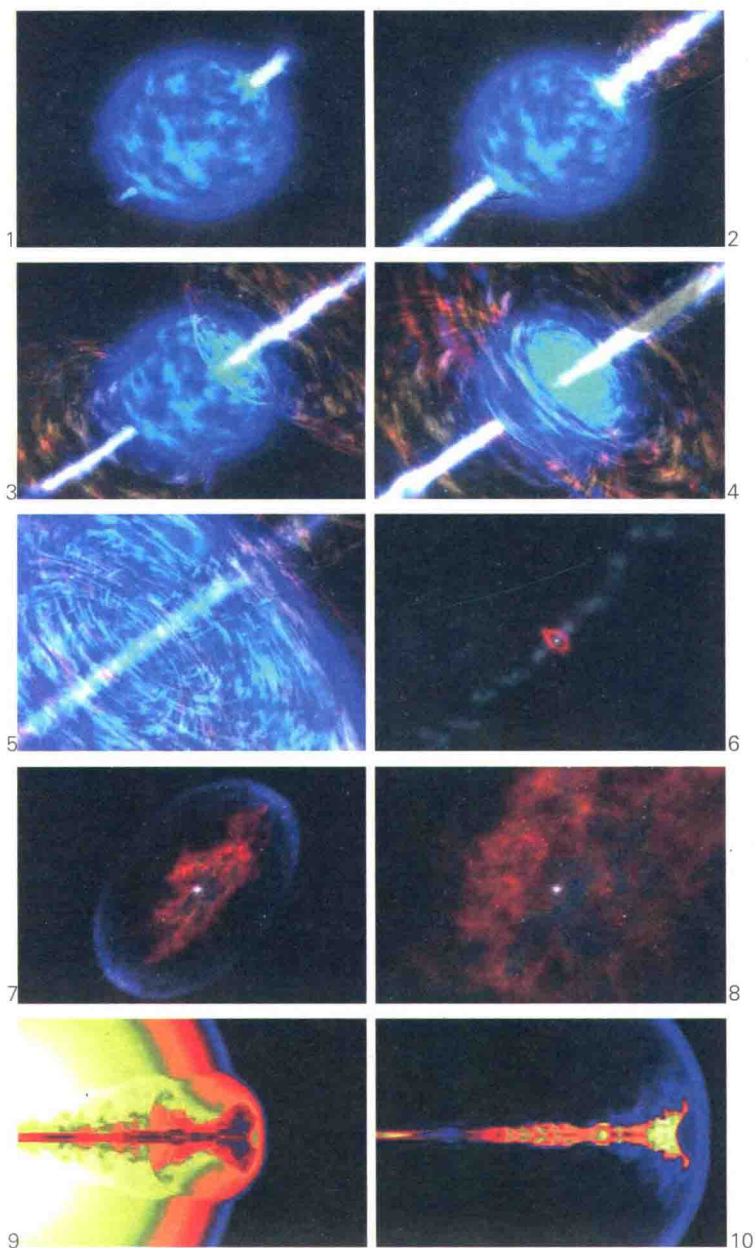
a. 行星状星云 IC 418 代表了类似于我们太阳的恒星的最终演化阶段。星云中心的恒星在几千年前仍是一颗红巨星，现在，其物质已经消散在周围环境里了。红巨星仍在燃烧的核心肆意地放出紫外线流。辐射在撞上周围的气体时，便产生了星云壮观的荧光。星云独特的纹理像是用万花尺画出来的，因而得名“万花尺星云”（Spirograph Nebula，又译滚筒仪星云或螺线图星云）。

b. 螺旋星云（NGC 7293）是已知离我们最近的星云，只有 690 光年远。它这种游泳圈的形状只不过是我们的视线方向导致的错觉。实际上，它应该是由两个盘组成。垂死的恒星与其伴星构成的双星可能各自对应一个盘。

c. 爱斯基摩星云（NGC 2392）因为形如戴着毛绒风帽的人脸而得名，它由两个同心的“气泡”组成的。外层的泡由红巨星最终阶段抛出的气体所构成。随后，由于垂死的中心星发出强烈的紫外辐射，受到照射的外层泡发生了分裂。中心星在进一步收缩和加热的过程中，又抛出一股星风，形成了靠近恒星处的第二层泡。

d. 猫眼星云（NGC 6543）的年龄顶多只有 1000 岁。复杂纠缠在一起的气体层、以超声速抛出的气体还有激波，其成因或许都是星云正中心的一个非常密近的双星系统。系统中的两颗星合成了一个光点，无法区分开来。

e. 蝴蝶星云（Minkowski 2-9）的双极结构可能是因为一颗恒星绕着垂死的伴星运转，导致物质抛射成了这种模样。



彩图3 极超新星电脑模拟图

这一系列图像取自网上的动画 ([www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2003/0618rosettataburst.html](http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2003/0618rosettataburst.html)), 展示了坍缩星(极超新星)爆炸的场面。如今人们公认, 它就是  $\gamma$  射线长暴的源头。

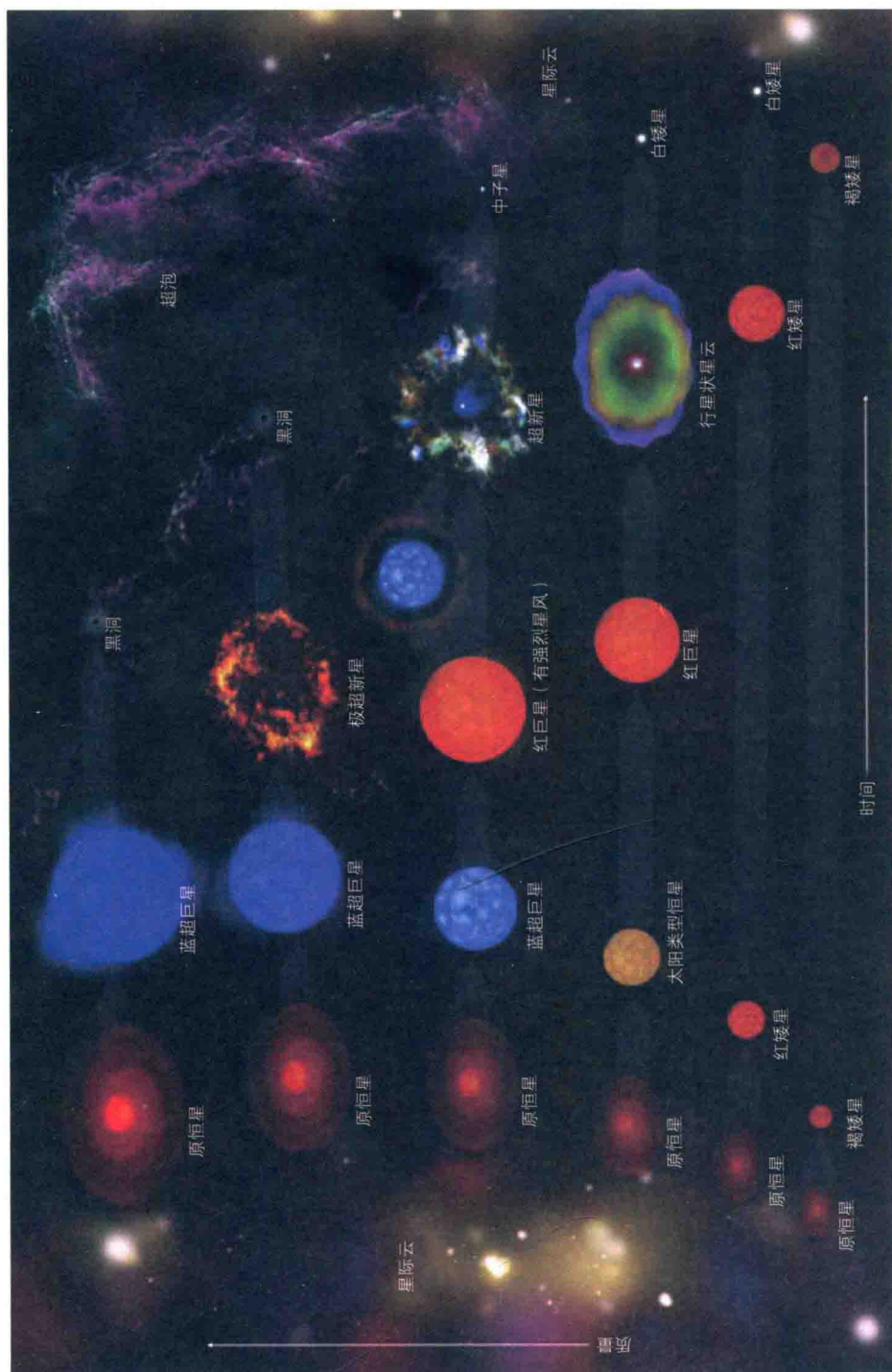
图1~5: 起初, 一颗蓝色的沃尔夫-拉叶星耗尽了核燃料, 爆炸成Ic型超新星。恒星的核心形成一个被吸积盘包围的黑洞。几秒钟内, 它抛射出一道物质喷流(图中为白色)。喷流穿过恒星的气体层, 与吸积盘中镍-56衰变产生的猛烈星风一同合力引爆了恒星的外包层, 导致了极超新星的现象。

图6~8: 从远处看, 恒星外包层的爆炸产生一道刺眼的闪光。数年后, 一个超新星遗迹出现了, 即图中围绕着新生黑洞的淡红色云团。向外扩张的气体产生了激波, 即图中的椭圆形薄层。天体物理学家认为, 2003年3月29日探测到的 $\gamma$ 射线暴对应于这种极超新星, 它比普通的II型超新星更高能, 遗迹扩张速度也更快。

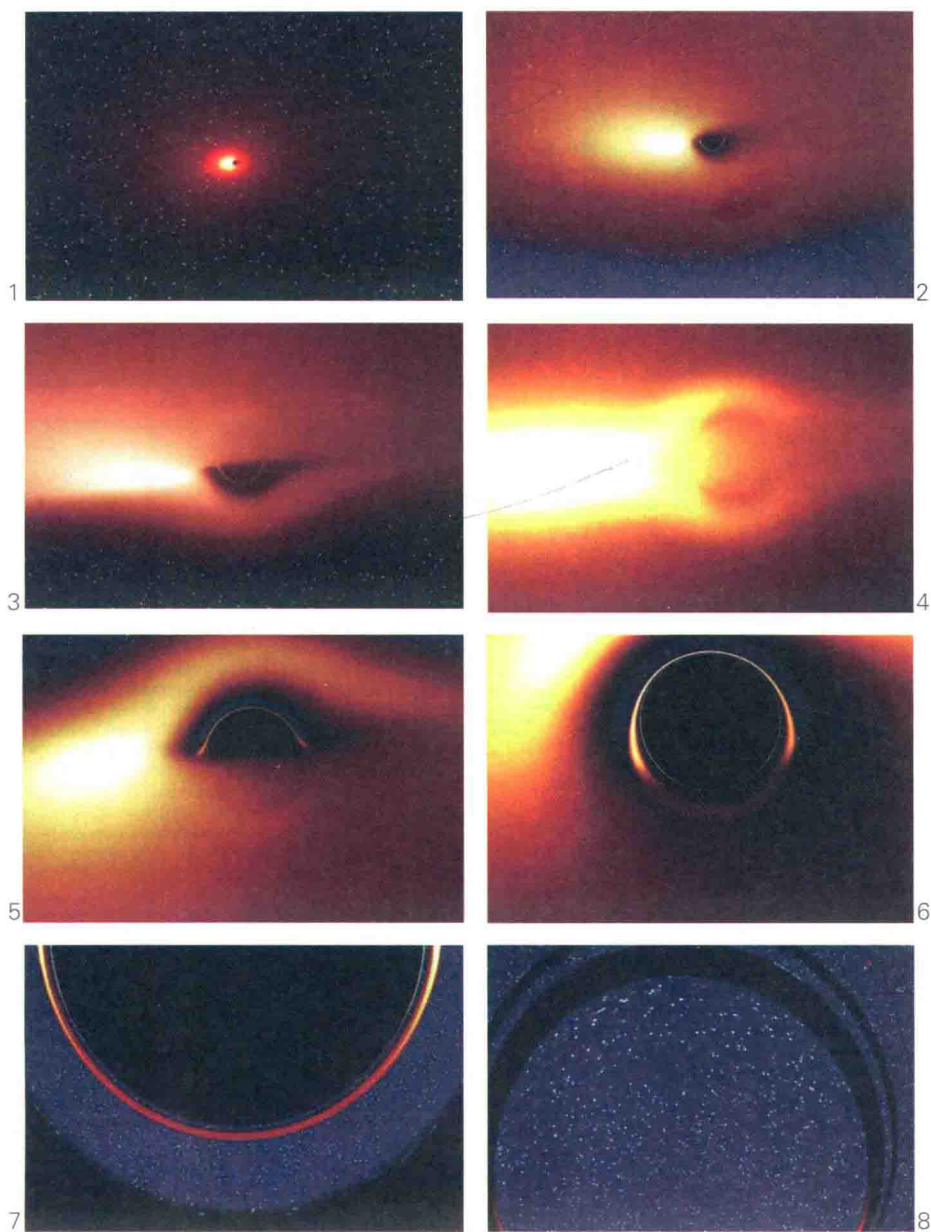
图9:  $\gamma$ 射线暴的尖端的数值模拟。从坍缩成黑洞的沃尔夫-拉叶星的中心处诞生的喷流只需9秒就能到达表面, 被我们看到。喷流穿过的恒星包层的半径与太阳半径相当。图中的“伪色彩”从蓝色到红色再到黄色, 分别对应于越来越高的密度区域。

图10: 随着喷流穿过恒星, 喷流中的相对论性粒子的分布图。图中黄色和橙色代表了极高的能量。对于在喷流的轴向附近10度孔径的圆锥以内的观察者而言, 这股能量就是一次 $\gamma$ 射线暴。这种数值模拟需要在超级计算机上花25000小时的时间来计算。



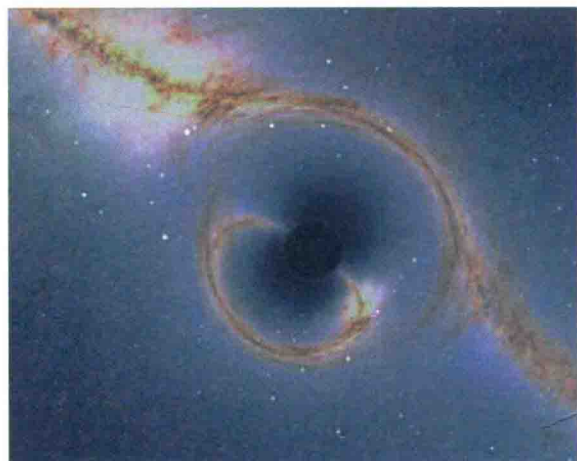
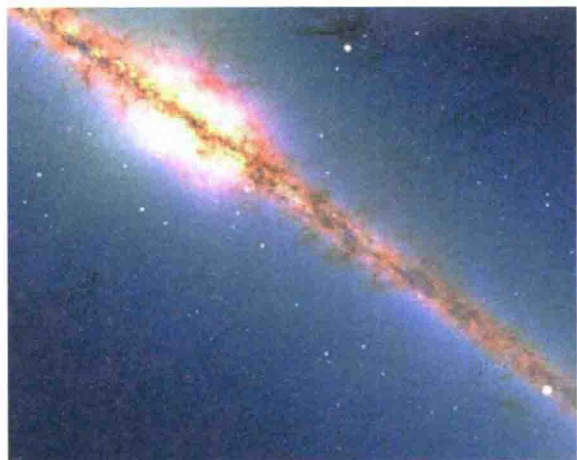


彩图 4 恒星演化总结图



探险家沿着图 12.6 标示的轨迹运动。起初，他的位置在吸积盘平面的下方，离引力中心  $1200M$ 。此处使用的距离单位  $M$  正比于黑洞的质量。假如黑洞有 100 万倍太阳质量，则  $M$  等于 1500 万千米，黑洞的半径则为  $2M$ 。观察者在  $39M$  处（点 4）穿越吸积盘。他在点 7 处非常接近视界，并最终在黑洞内部的点 8 处拍下最后一张照片，此时他离中心只有  $0.7M$ ，镜头转了过来朝着视界方向。

彩图 5 无畏的探险家闯入黑洞内部，在下潜的不同阶段所拍下的瞬间，图 12.6 标示的位置点 1 到点 8 分别对应这 8 张底片

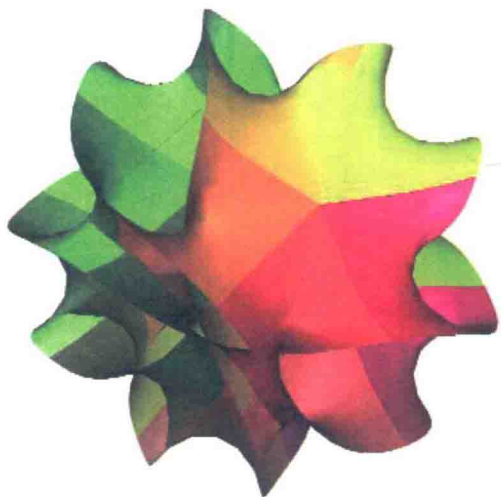


a

b

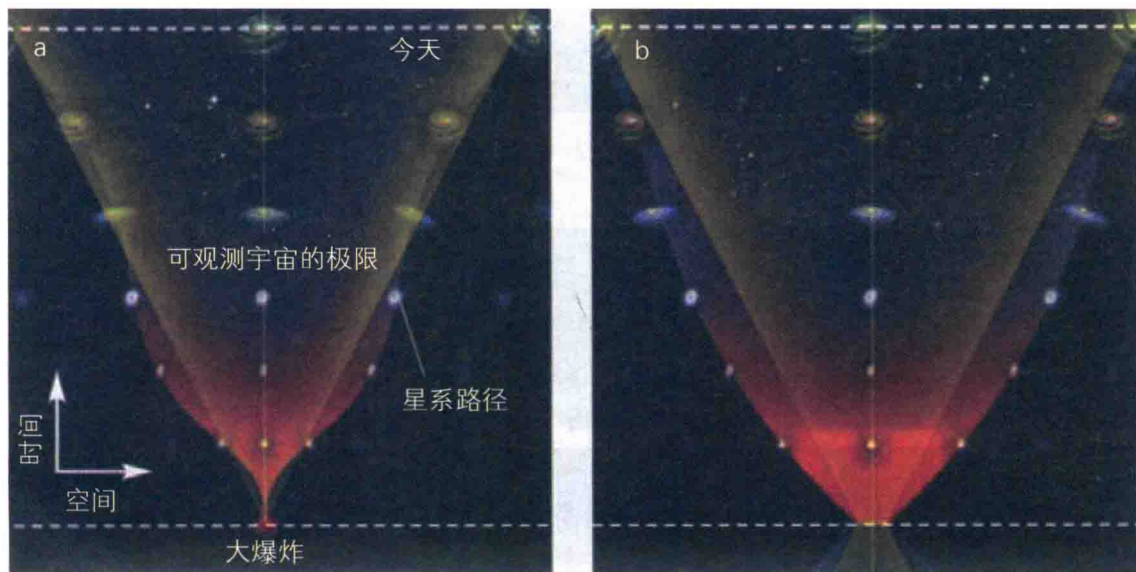
彩图 6 虚拟黑洞挡在前的时候所产生的各种引力蜃景

- a. 挡在银河系前方的一个黑洞产生的引力海市蜃楼。一个史瓦西黑洞在距离观察者 50 倍史瓦西半径处进入观察者视线，例如 1 万倍太阳质量的黑洞的史瓦西半径的 50 倍就是 150 万千米，此时我们能看到银河系及黑洞引致的图像扭曲的景象。银盘的双重像清晰可见：主级像在黑洞右上方，次级像在黑洞左下方。扭曲得最严重的圆形区域形成了一个爱因斯坦环。
- b. 挡在大、小麦哲伦云前方的一个黑洞产生的引力海市蜃楼的数值模拟。大、小麦哲伦云是银河系的两个小伴星系。图中左方两颗明亮的星星是半人马座  $\alpha$  和  $\beta$ ，沿着银河往右上看去就能看到南十字座最亮的三颗星，再往右的就是船底座和船尾座的星星，其中最亮的就是老人星（船底座  $\alpha$ ），位于大麦哲伦云的右上方。黑洞的引力蜃景让大麦哲伦云看上去变得极为壮观。我们还能辨认出许多亮星的次级像。半人马座  $\alpha$  和  $\beta$  的次级像很好认，这两颗星的连线与银河同向，对应的次级像的连线自然也如此。南十字座的次级像形状变了很多，辨认起来要难一点。我们还注意到老人星的次级像。就在它旁边，更靠近黑影的位置，有另一颗明亮的星星是天狼星的次级像。天狼星的主级像在右上的更远处，没能进入视野。



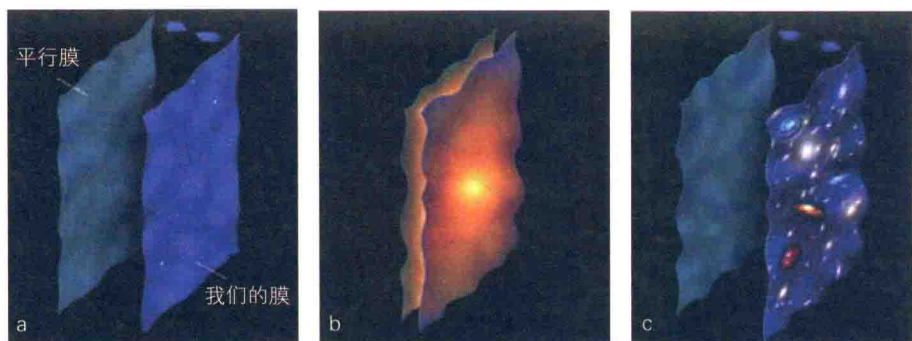
彩图7 卡拉比-丘空间

这个几何形状展示了弦论描述的空间形状的一个大致概念。我们看到一个卷曲的6维卡拉比-丘空间的一个二维切片。



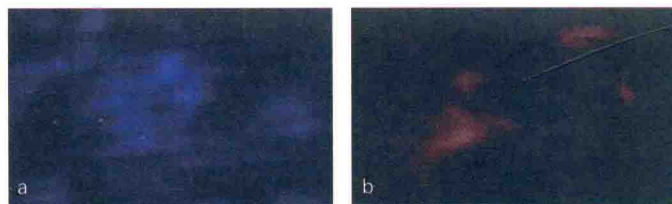
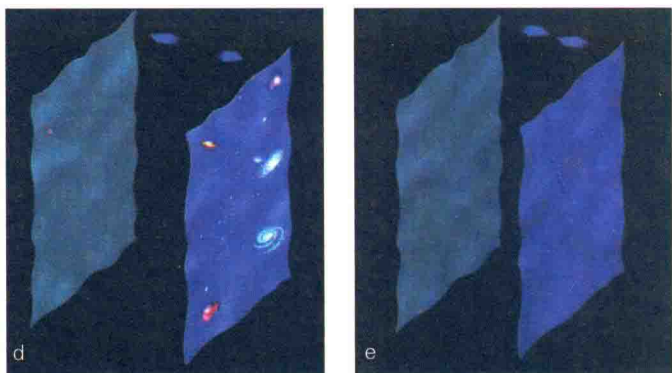
彩图8 宇宙开端的两种视点

在标准的宇宙学理论中，我们可观测宇宙的所有星系都起源于一个无穷小的点，位于过去的某个有限的时刻——这就是大爆炸奇点。在奇点那一瞬间，“时间”的概念失去了一切意义。在一些量子引力模型里，由于量子效应，无穷小的点被“摊开”成一个体积非零的“黑盒子”。正是从这个极小的区域内涌现出了所有星系——准确来讲，是原初密度涨落催生了星系。这类模型打开了通往“大爆炸之前的宇宙”的道路。



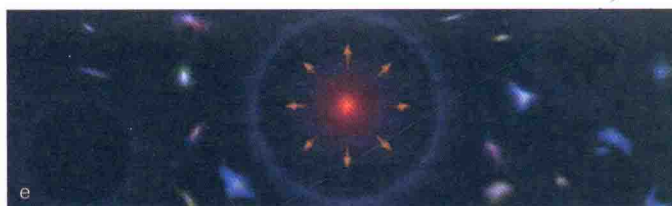
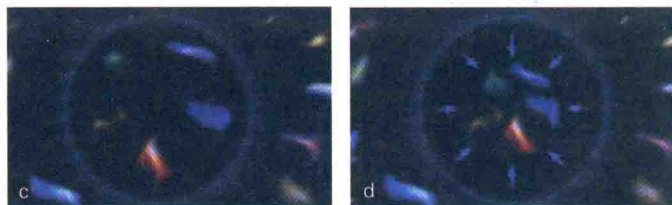
彩图 9 火劫宇宙模型

根据火劫宇宙模型描述，两张膜互相吸引，每张膜上的空间在收缩，如图 a。当两张膜发生碰撞，能量被转换为物质和辐射，这就是我们所知的大爆炸，如图 b。两张膜发生反弹，膜上的空间开始加速膨胀；在我们的膜宇宙中，物质聚集成团，形成星系团等结构，如图 c。在循环假说中，两张膜相互远离的速度逐渐变慢，如图 d。两张膜不再远离，重新靠近，如图 e；每张膜都会加速膨胀——我们如今的宇宙便处于这个阶段；随后，两张膜将再撞上对方，产生一次新的大爆炸，如此循环往复。



彩图 10 “前大爆炸”宇宙模型

在“前大爆炸”宇宙模型里，宇宙在非常遥远的过去早就存在了，但几乎是一片真空，如图 a。相互作用力（例如引力）逐渐变强，局域物质开始聚集；某些区域变得足够致密，于是坍缩成了黑洞，如图 b。起初，黑洞内部的空间加速膨胀，内部的物质变得孤立与外界，如图 c。在黑洞内部，物质持续向中心坍缩，密度增加，直到达到了弦论规定的极限值，如图 d。量子效应迫使黑洞内部的时空反弹成一场大爆炸；在该黑洞以外，别黑洞内也都创造出其他不同的宇宙，如图 e。



# 译者序

本书作者让-皮埃尔·卢米涅是法国天体物理学家，也是研究黑洞和宇宙学的专家。在法国的大众读者心中，他还有一个特殊的身份——作家和诗人。卢米涅写过许多科普图书、小说甚至诗集，用法语这一美丽的语言引领读者进入深邃神秘而又闪着奇异光华的天文世界。

在创作的同时，卢米涅还展露出自己的博学——我是指对以天文为主题的近代诗人、诗歌的博学。实际上，他甚至为“天文诗”专门写过不少综述和文学评论；在本书中，他对关于黑洞、超新星、行星运动等内容的前人诗句可谓随手拈来。不得不说，我在翻译的时候为此费了不小的功夫。怎样才能将华丽的辞藻带给中文读者呢？怎样才能保证诗中的物理细节和前后逻辑不出差错呢？怎样才能把原文朗朗上口的节奏感和跳动在舌尖的韵脚翻译成中文呢？译者的专业方向是理论物理，但我真切地希望，当一位毫无专业知识的人偶尔走入一家书店，顺手从书架上取下这本书，随便翻开一页时，他不会被严谨而枯燥的论述吓走，而是被瑰丽的黑洞和宇宙的景象吸引住目光。

有时，书中的内容难免非常抽象，但那却比真金还真，宇宙确实就存在于我们头顶，它跟地球的边界就是海拔 1000 千米到 1 万千米处的大气散逸层。1 万千米很远吗？未必如此。毛主席曾挥笔写下“坐地日行八万里，巡天遥看一千河”的诗句，这说的就是地球自转一圈，你即使原地不动，也“行”了八万里（即赤道周长 4 万千米）；而当你站在楼顶或后院架起望远镜，看到的又岂止一千条星河？

本书的四个篇章之间相对独立。第一篇读起来就像抚去古籍封面的蒙尘，第二篇如同翻看夜空各种星星从呱呱坠地到装点入殓“人生百态”的相册，这两篇是铺垫。第三篇给黑洞画了一个“大饼”。有人会问：“画饼不能充饥，你这纸上的黑洞不就正如《山海经》中荒诞的臆想图一样吗？”非也，这可是一张精确的黑洞“解剖图”。在第四篇，我们将“按图索骥”，证明黑洞在宇宙中真实存在。天文学家对此非常有信心，就像著名的法国比较解剖学家居维叶的逸闻。居维叶的一个学生装扮成魔鬼撒旦的模样，半夜闯入老师的房间大喊：“居维叶，我要吃了你！”居维叶只是睁开眼说了一句：“凡是有角有蹄的动物都是食草动物，你吃不了我。”说完就睡回去了。假如古人穿越到现代，一定会被路上飞驰的钢铁巨兽吓到，但对于知道汽车结构的现代人而言，又何惧之有？

在最后，作者把目光扩大到整个宇宙，希望预言宇宙的终极命运。宇宙！何等遥不可及，人

类又何等不自量力……其实也未必如此，在2003年3月29日，人的肉眼极限能看到远在23亿光年外的一次 $\gamma$ 射线暴；在2008年3月19日，肉眼甚至能看到100亿光年外的另一次 $\gamma$ 射线暴——人类凭肉眼竟然能抵达可观测宇宙半径的近四分之一远处！普通人被束缚在地球表面的生物圈里，就像生活在苹果表面那层薄薄的果皮上，连亲手触碰一下宇宙都做不到。宇宙也以真空和低温拒绝人类轻易涉足。但正如漫画《惑星奇航》里所说：“宇宙与地球的分界线根本不存在……在这世上，没有一处不是属于宇宙的一部分。”我们自身就是由星尘所构成的，人类的大脑中甚至能孕育无数的多重宇宙。

早在1997年，现厦门大学天文学系教授卢炬甫就将本书的英文版翻译成了中文出版，这本名为《黑洞》的科普书堪称经典之作。但后来在2006和2010年，原作者卢米涅大幅更新和修改了这本书，增加了很多有价值的新章节，中国读者看不到的话就太可惜了。我在基于最新的法文版进行长达一年半的翻译、更新和修改工作中，也受益匪浅。书中或有一些细节和数据已经过时了，我就让谷歌、论文网站和维基百科助自己一臂之力。书中还有很多法语文字游戏，但为了符合中文表达习惯或便于读者理解，这些文字游戏无法一一体现。比如在“光的纺线”一节里，“事故并不严重”一句的原文也可译作“没有引力”，恰恰契合狭义相对论无法处理引力（广义相对论才可以）的事实；第13章标题的原文是Jeux de cartes，正是“地图技巧”（map tricks）和“扑克牌游戏”（card games）的一语双关，所以内文才不断提到“桥牌”“大王”“爱丽丝梦游仙境”；又如在“出双入对的幽灵”一节的标题里，法语spectre一词具有“幽灵”和“光谱”的双重含义，因此，标题既暗喻了“看不见的伴星”，又代表了“双星的光谱”；“减速的开放宇宙：从大爆炸到绝对零点”一节中提到外星人在地球表面贴邮票的奇异行为，因为在法语里，“贴了邮票”比喻“痴痴癫癫”！

关于翻译工作，我想说的东西太多，但因篇幅所限，只好就此作罢。最后，我还要感谢图灵教育的戴童编辑。我的翻译经验尚浅，全靠了她认真地审稿润色，我才从中学到如何把握“忠于作者”与“照顾读者”之间的平衡。

余超

2017年4月，于广州

以下的故事在细枝末节处也是真相，除非从一开始就大错特错。

——罗兰·托普



# 前言

人类一直热忱地对宇宙的历史和演化进行探索。本书呈现的正是三十年来人们所取得的研究成果。自然而然，科学视野放飞了我们的思绪，让我们一次又一次地深刻反思人类自身的历史与周遭环境。

虽然本书的中心主题是讲万有引力使出各种手段让时间和空间屈服于自己的“蛮横”意志，讲物质的极端状态，但它背后蕴含着触及天文学和物理学各方面的丰富课题。诚然，谈及黑洞和暗能量往往会引出各种始料未及的话题，比如时间旅行、量子真空和终极计算机。这些新鲜的概念将科学模型的能力推到了极限。然而，透过这些有趣的镜头，我们确实看到了整个宇宙：恒星的演化、宇宙学、狭义和广义相对论、量子力学、高能物理学，以及崭新的时空理论。

天体物理学家有着令人生畏的力量，能够看到最广漠的宇宙全景。粒子探测器与天文望远镜一样被用于研究遥远的天体。从无穷小到无穷大，跨越空间和时间，宇宙揭开层层面纱，展示了形形色色的结构，不断给我们带来惊喜。小至行星，大至整个宇宙，穿越恒星和星系，万有引力主宰整个宇宙，指导它的运动、演化和命途。理解宇宙的本性是一个无比深邃的课题，从伽利略、开普勒、牛顿、拉普拉斯到爱因斯坦，无数智者从中吸取了思考的养分。

本书第一篇讲述了全书的历史背景和理论框架，包括牛顿的万有引力、电磁学，尤其是爱因斯坦的相对论——它将引力现象与时空弯曲画上了等号。

第二篇会暂时抛开理论知识，进入恒星演化的舞台。我们观测到太阳和大多数天体都处于平衡状态，这其实都只是暂时的。坍塌是万有引力作用下产生的必然结果。天体物理学家的图鉴里满满地记录着在万有引力的绝对支配下多姿多彩的天体：黯淡的白矮星、超致密的中子星、脉冲星、毁天灭地的超新星、伽马暴和极超新星。但是，一个天体即使密度达到中子星一样的水平，如果其质量超过了3倍太阳质量，那它也是不稳定的。核心质量更加大的天体发生引力坍塌后又会形成什么？答案只有一个——那就是黑洞，这些具有极限密度的天体仅仅是时空中寻常的小事故。这绝不是理论学家单纯的推演，而是真真正正的天体物理学问题。

第三篇将真正开始窥探黑洞世界的奥秘。黑洞的“发明”无疑是少数勇敢的理论学家在现代史上最大胆的脑力探险之一。“黑洞”一词甚至被披上了一层神秘色彩：宇宙中或许存在一种不可见的天体，能够吸收周围的所有物质。一个与我们的世界完全隔绝的封闭世界，如无底深渊，如血盆大口，能够无情地吞噬一切……黑洞的特性如此奇异，长时间以来都无法令人信服，反而沦