

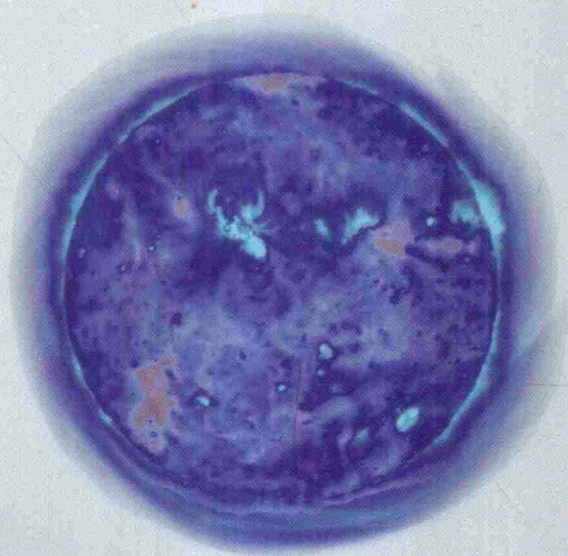
妙趣横生的通识读本

爱因斯坦的望远镜

搜索暗物质和暗能量

艾弗琳·盖茨 (Evalyn Gates) 著 张威 上官敏慧 译

EINSTEIN'S TELESCOPE: THE HUNT FOR DARK MATTER AND DARK ENERGY IN THE UNIVERSE



妙趣横生的通识读本

爱因斯坦的望远镜

搜索暗物质和暗能量

Einstein's Telescope

The Hunt for Dark Matter

and Dark Energy in the Universe

艾弗琳·盖茨 (Evalyn Gates) 著

张威 上官敏慧 译

中国人民大学出版社

• 北京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

爱因斯坦的望远镜：搜索暗物质和暗能量 / (美) 盖茨著；张威，上官敏慧译.
—北京：中国人民大学出版社，2009
(妙趣横生的通识读本)
ISBN 978-7-300-11454-5

I. 爱… II. ①盖…②张…③上… III. ①广义相对论-通俗读物 IV. ①0412.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 222294 号

妙趣横生的通识读本

爱因斯坦的望远镜：搜索暗物质和暗能量

艾弗琳·盖茨 著

张威 上官敏慧 译

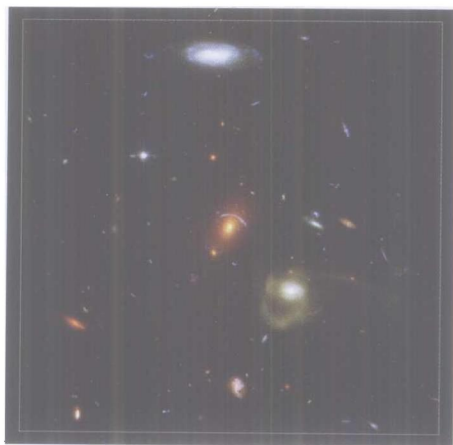
Aiyinsitan de Wangyuanjing

出版发行	中国人民大学出版社				
社 址	北京中关村大街 31 号	邮政编码	100080		
电 话	010-62511242 (总编室)		010-62511398 (质管部)		
	010-82501766 (邮购部)		010-62514148 (门市部)		
	010-62515195 (发行公司)		010-62515275 (盗版举报)		
网 址	http://www.crup.com.cn				
	http://www.ttrnet.com (人大教研网)				
经 销	新华书店				
印 刷	北京华正印刷有限公司				
规 格	160 mm×235 mm 16 开本	版 次	2011 年 6 月第 1 版		
印 张	18 插页 5	印 次	2011 年 6 月第 1 次印刷		
字 数	251 000	定 价	39.00 元		

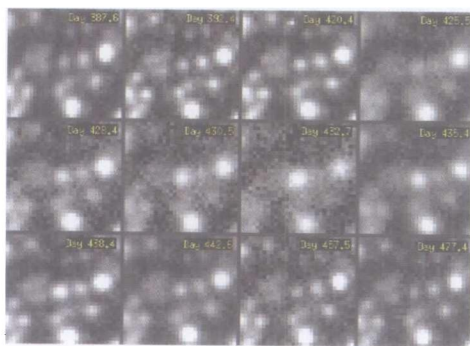
版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换



C. 1 爱因斯坦环。在哈勃太空望远镜和斯隆数字天空勘测的帮助下，天文学家在2005年发现了8个新的爱因斯坦环。上面每张照片中心部分的橙黄色光斑，都是距地球几十亿光年的星系。在每个星系的正后方，都还有另一个距离几乎两倍远的星系。在前一个星系的透镜作用下，后一个星系发出的光被偏转成一个包围前者的蓝色光环。如果前面透镜星系不存在的话，后面的星系将只是一个小小的蓝色光斑。



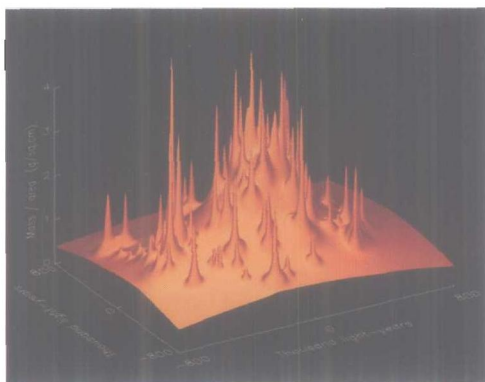
C. 2 巨型光弧。 在这张哈勃太空望远镜拍摄的照片的中心位置，可以看到一个距我们约 60 亿光年的橙黄色星系。在这个星系的上方有一个更远的星系（约 100 亿光年以外），由它发出的光被引力透镜拉伸成一个巨型的蓝色光弧，从而展示出前面星系质量所引起的空间弯曲。



C. 3 一次 MACHO 透镜事件。 这 12 张照片从左到右、从上到下，依次为我们展示了大麦哲伦星云中的同一片恒星在 90 天内的变化过程。图中标记的那颗恒星，在这个时间段内发生了一次由不可见的 MACHO 所引起透镜事件。在大约 34 天的时间内，这颗恒星的视觉亮度被 MACHO 放大到最大值，并达到了初始亮度的 7 倍（见第 7 张照片）。第一张和最后一张照片分别给出了这颗恒星在 MACHO 经过前后的状态（注意那时它只是一颗昏暗的恒星）。



C. 4 描绘暗物质的分布。（a）星团引起的引力透镜效应。照片中的橙黄色物体是一个名为 CL 0024+1654 的星团所包含的星系。出现在 4 点钟、8 点钟、9 点钟和 10 点钟方向的（以及在图片中心的）蓝色物体，其实都是同一个星系的多重影像。该星系不属于这个星团，而是在它身后几十亿光年以外的地方。在星团质量的影响下，由远方光源星系发出的光被拉伸、放大、复制，并形成了图中的 5 个影像（见图 7—1 的注解）。



（b）复杂透镜。尽管哈勃太空望远镜只能发现星团 CL0024+1654 中的可见星系，但其中绝大部分物质都是以暗物质的形式存在的。通过对一个远方蓝色星系所产生的多重影像的观测，研究人员在这张图中绘制了该星团中全部质量的分布形式。图中尖峰指出了星团中各个星系的质量和位置；下面的丘陵状隆起则代表了暗物质的分布。



C. 5 类星体五胞胎。 图片中心处明亮的黄色星系， 是一个被称为 SDSSJ1004+4112 的星团的中心星系。 在这张哈勃太空望远镜拍摄的照片中， 这个中心星系所引起的透镜效应， 使一个远方的类星体出现了五个分离的影像（其中四个白色的亮点分别分布在 4 点钟、 8 点钟、 11 点钟和 12 点钟方向， 第五个则隐藏在中心星系的光辉之下）， 并使其他一些背景光源星系也出现了多重影像（见图 7—2 的注解）。



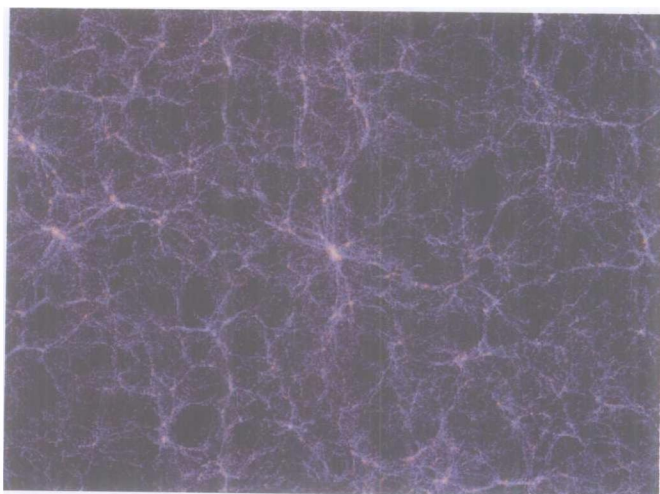
C.6 巨型透镜。 在这张 Abell 1689 星团的照片中，我们可以看到很多环绕中心的蓝色和红色的光弧。这个目前所知最大也最强悍的引力透镜，为我们创造了一幅堪比梵高的美丽画卷。在照片中我们可以确认出 30 个背景星系的 100 多个光弧影像。图中黄色的明亮物体，是星团中距地球约 22 亿光年的星系；白色的明亮星斑则是银河系中的恒星。



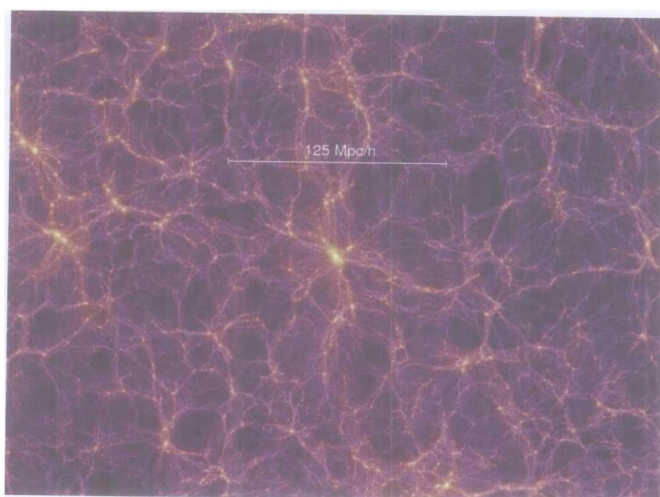
C. 7 宇宙放大镜。 星团 Abell 2218 所具有的质量，在时空中产生了一个巨型凹陷，并引起了强烈的引力透镜效应。这个透镜显著拉伸和放大了身后天体的图像，使研究人员得以在 120 亿光年以外发现一些前所未见的遥远星系。如果没有星团透镜的放大作用，这些古老星系发出的昏暗光芒是绝对无法用哈勃太空望远镜捕捉到的。



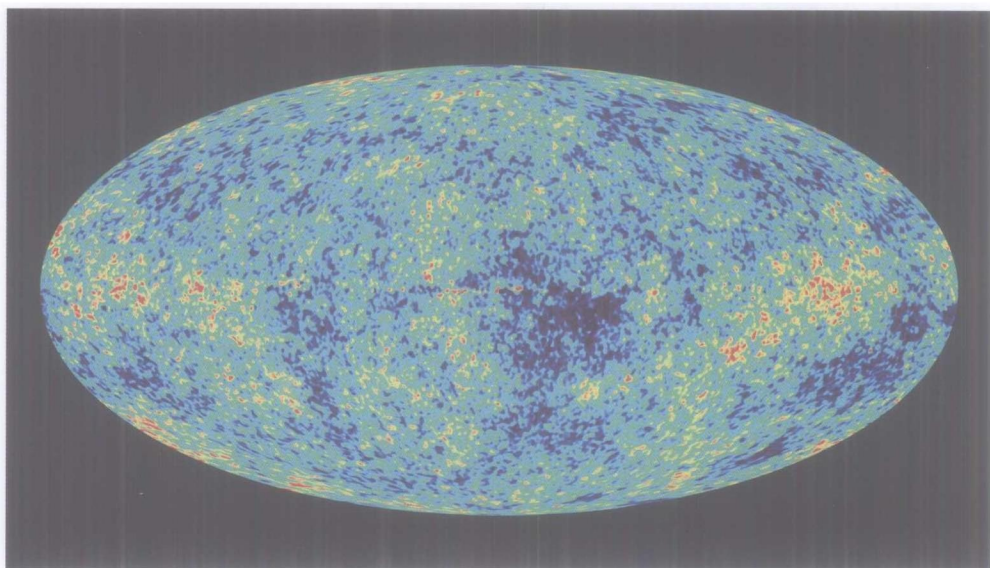
C. 8 子弹星团。 这张图片是由哈勃太空望远镜的照片（可见光）、X射线的观测结果（粉红色）以及引力透镜数据（蓝色）共同叠加而成的。子弹星团其实是由两个刚刚发生过碰撞的星团共同组成的，其中一个较大的星团出现在图片中心偏左的一大团星系密集的地方，而另一个较小的则出现在中心偏右一小团星系密集的地方。（散发耀眼星斑的物体是银河系的恒星。）照片中同时还用粉色标志出了X射线望远镜所看到的高温气体分布，并用蓝色标志出了引力透镜实验给出的星团质量分布图。



C.9 计算机模拟得到的宇宙网络。图片显示了宇宙中一块约 6 800 万光年厚，17 亿光年见方的空间。中心区域的亮点代表了一个星团。（a）常规物质的分布（包括星系、星团和气体）。

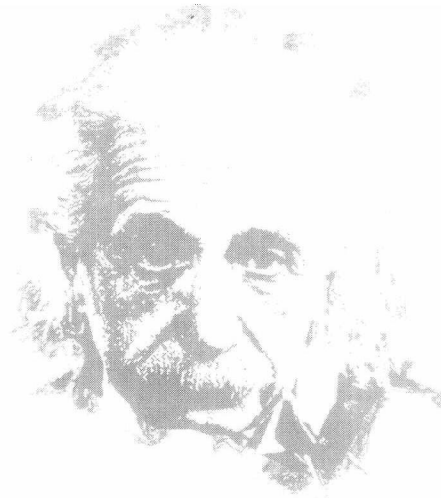


（b）暗物质和常规物质的分布。注意图中的明暗变化代表的是物质密度，而不是亮度——事实上图中绝大部分物质都是暗物质，因此是无法通过望远镜观测的。



C. 10 大爆炸的余晖。 宇宙微波背景辐射（即大爆炸残留下的光）在全天空的分布为我们展示了宇宙在 130 多亿年前的样子——那时的宇宙年龄只有 38 万年。不同的颜色代表了背景辐射中微小的温度变化（红色代表高温区域，蓝色代表低温区域），注意实际的温差只有两万分之一度左右。

献给 Eric, Greg, Jordan, 和 Kendall



推荐序

《爱因斯坦的望远镜——探索暗物质和暗能量》一书，作者为芝加哥大学卡弗里宇宙物理学研究所助理所长艾弗琳·盖茨，由张威和上官敏慧译成中文，即将出版。

“爱因斯坦望远镜”听上去很陌生，其实是专业名词“引力透镜”的一种大众化的说法。我们知道，光学透镜——望远镜的主要组成部分，是通过镜片的折射率来聚焦成像的，那么，引力透镜的原理是什么？在爱因斯坦的引力理论中，光线走最短程线，这种最短程线对于一个距离目标和引力场很远的观测者来说，看上去并不是一条直线。最初验证广义相对论的实验就是在日食时观测恒星光线掠过太阳后弯曲的角度，虽然由于引力场本身很弱这个弯曲的角度非常小。我们知道，通常的镜片是利用折射以及镜片的曲率来弯曲光线的，而引力透镜则是通过引力场的分布来弯曲光线的。既然引力场存在透镜现象，天文学家利用透镜现象研究引力场以及导致引力场的质量分布就很自然了。

光学透镜和引力透镜在过去被认为是很不相同的现象。非常有趣的是，最近对电磁隐形斗篷的研究发现通常的光学（电磁学）介质可以用引力场类比起来研究，反过来，通过设计光学介质，人们开始模拟太空中的引力场、引力透镜效应甚至黑洞。当然，实验室中的人工光学介质涉及的空间尺度和时间尺度比太空中的引力透镜涉及的尺度要小得多，这也为研究

提供了便利。

《爱因斯坦的望远镜》是一本科普著作，以引力透镜现象的研究为主线，介绍了当今天文学和宇宙学最为引人注目的两个研究领域，即暗物质和暗能量，同时介绍了引力理论和现象、宇宙学和粒子物理学的一些基本知识。我没有读过英文原文，机缘凑巧，两位中文译者请我校阅他们的翻译，我乘机通过本书学习了过去我不太熟悉的一些知识，例如微引力透镜效应、X射线天文学。当然，本书的重点是通过不同侧面的研究展示目前暗物质和暗能量的研究成果，而将重心放在暗物质的研究上面。

全书由12章和尾声以及附注组成。第1章介绍了宇宙的组成和宇宙的历史；第2章和第3章介绍爱因斯坦的狭义相对论和广义相对论以及宇宙的膨胀；第4章介绍引力透镜即爱因斯坦望远镜，包括一些奇特的引力透镜现象：一个球状物通过引力透镜成像为一个环状物，物体的拉伸和变形，甚至一个目标会形成多重影像，形成引力透镜的质量越大、分布越大，则引力透镜的效应越明显；第5章介绍了在暗物质研究历史中最为流行的两类暗物质候选者，勇士和懦夫。这里勇士即MACHO，是英文“大质量致密晕物体”的缩写，这些大质量致密物体可能是黑洞，可能是昏暗的星体，而微引力透镜效应的研究的确证实了这些物体的存在，但占宇宙物质的比重不足以解释所有的暗物质。懦夫即WIMP，是英文“弱相互作用重粒子”的缩写，这些粒子非常可能是暗物质的主要组成部分。

第6章到第9章介绍暗物质研究的各个侧面，第10章和第11章介绍宇宙的加速膨胀和暗能量；最后，第12章介绍宇宙的最早期，如暴涨宇宙时期、那个时期产生的时空不均匀性和引力波。我觉得最后的附注很好，为愿意进一步从专业的角度学习和研究宇宙学的读者提供了一些重要和经典的参考文献，并提供了少量的正文中没有给出的关键公式。这也许是最值得科普著作写作者学习的模式。

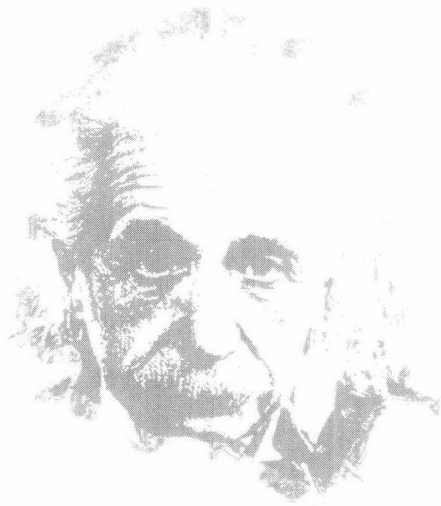
由于暗物质并不是我研究的领域，我在阅读这本书的校样过程中学到

很多知识，我因此推测作者自己的研究领域是引力透镜和暗物质。这本书的主体的讲述方式非常通俗易懂，为了通俗易懂的目的作者花了很多心思，但个别的地方一些形象的比方未必是完全正确的。有些地方对宇宙学的一些结果过分肯定，例如十分肯定暗能量占宇宙能量密度的 73%，物质（包括暗物质和普通物质）占能量密度的 27%。这些数字主要来自著名的威尔金森微波背景辐射各向异性探测器的研究结果，该实验以精确性著称，所以其他实验都不自觉地在数字上靠拢这个实验。最近，已经出现了不同的声音，开始质疑这个实验小组的数据分析方式和结果。也许，在不远的将来，暗能量和暗物质所占的比重可能被修改。

我向对宇宙学和天文学感到好奇的读者大力推荐这本书，虽然这本书的中文译本的出版还要等一段时间。

中科院理论物理研究所 李 森

（本文首发于《新发现》，2009（9））



译者序

在一般公众的眼中，物理应该是一门高深的学问。从牛顿到爱因斯坦，从费曼（Richard Feynman）到霍金（Stephen Hawking），物理学家的头顶永远笼罩着天才的光环。这层光环不仅照耀着这些我们自高中时期就耳熟能详的名字，还慷慨地将光辉与每一个和物理有关的人分享。无论是从事研究或教学工作的物理学工作者，还是在各个阶段物理学得好的学生，都能自然而然地享受到这些光芒，从而被自然而然地归为聪明人。

在过去的十几年中，译者作为物理学工作者，都不可避免地受到这种光辉的照耀。在它的影响下，我们各自有那么一段时间变得忘乎所以，肆无忌惮地用看似高深的理论和晦涩难懂的学术名词来谈论物理，似乎只有这样才能彰显自己的与众不同。幸运的是，这种丑恶的嘴脸并没有保持太长时间（否则我们不确定是否能在清醒过来后，顶住随之而来的羞愧与自厌），并随之认识到，物理学的美，恰恰在于简单。

对于这个结论，绝大多数学过物理的人肯定不会同意。在公众看来，物理不仅高深晦涩，而且枯燥乏味。事实上，即使是物理学工作者（比如我们自己），也时不时会产生类似的想法。但是，在将“觉得乏味——感兴趣——再觉得乏味——再感兴趣”这个循环重复了无数次之后，我们却不得不承认，物理既不高深，也不乏味。高深的是描述物理的方法，乏味

的则是我们这些搞物理的人。

谁都不希望变成乏味的人，物理学工作者也不例外。但是，我们在很多时候却不得不求助于高深的数学或其他工具，因为除此之外，我们根本不知道该怎么去描述世界运行的道理。说得再坦白一点，物理的高深恰恰是因为人类自身的无知。只有当我们对自然的领悟已经达到了运筹帷幄、存乎一心的时候，才可能将一切的逻辑和法则用最浅显的语言描绘出来。这样的天才确实存在，但绝大多数人（当然包括我们）都不是。

说到这里，我们希望已经澄清了一些不应该出现在自己身上的光环，更希望能消除读者心中对物理的畏惧和憎恶。诚然，如果你想从事物理研究工作，且不是上述的那种天才（就和我们一样是个中人之资的普通人），那么很遗憾，你就不得不借助高深乏味的工具，并在一生中不断体会着“乏味——兴趣——乏味”的循环。但是，如果你只是想欣赏物理学的美，并享受它所带来的兴奋和愉悦，那你完全可以抛却过去曾经有过的不愉快（比如高中时期的习题和考卷），并尝试着用全新的方式重新拥抱物理。

如果你真的有此决心，那么手上的这本书绝对是一个很好的开始。本书的作者艾弗琳·盖茨作为一名活跃在科研第一线的宇宙学家，以她深厚的学术功底为基础，为我们讲述了有关引力透镜、暗物质和暗能量的故事。随着作者充满感性和魅力的笔触，我们得以从完全不同的视角欣赏和享受物理学中最纯粹（因此也被误解为最枯燥）的分支——宇宙学和粒子物理学——所带来的冲击和震撼。在物理学的帮助下，身为地球上的普通人，我们不仅可以“看到”宇宙深邃的尽头，还可以探究隐藏在无尽夜空下神秘的天体，而这些认知又和比原子还要小很多倍的基本粒子研究联系在一起。所有这些激动人心的概念，都将在你阅读的过程中一一呈现。

最后，我们要感谢在本书翻译过程中提供帮助的人。首先要感谢策划编辑唐奇，如果没有她的鼓励和帮助，我们也许根本不会积攒起足够的信心来开始这项工作。其次，要感谢中国科学院理论物理研究所的李森老师，他仔细阅读了全书的每一个章节，并给出了很多专业的意见。我们还要感谢北京科技大学国家材料服役安全科学中心的刘刘老师和中国人民大