

科学图书馆·科学基础

# 宇宙大爆炸

[美] 迈克·佩里康 著 郭威 译

The Big Bang

上海科学技术文献出版社

“科学基础”丛书

# 宇宙大爆炸

【美】迈克·佩里康 著

郭 威 译

上海科学技术文献出版社



图书在版编目(CIP)数据

宇宙大爆炸 / (美) 迈克·佩里康著; 郭威译. —上海:  
上海科学技术文献出版社, 2010. 5

(科学基础系列丛书)

ISBN 978-7-5439-4339-1

I. ①字… II. ①迈… ②郭… III. ①“大爆炸”宇宙学  
—普及读物 IV. ①P159-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第062565号

Science Foundations:The Big Bang  
by Mike Perricone

Copyright © 2009 by Infobase Publishing

Simplified Chinese copyright © 2010 Shanghai Scientific & Technological Literature  
Publishing House

All Rights Reserved  
版权所有, 翻印必究

图字: 09-2010-172

责任编辑: 刘红焰  
美术编辑: 徐利

科学基础·宇宙大爆炸

[美] 迈克·佩里康 著 郭威 译

出版发行: 上海科学技术文献出版社

地 址: 上海市长乐路746号

邮政编码: 200040

经 销: 全国新华书店

印 刷: 昆山市亭林印刷有限责任公司

开 本: 740×970 1/16

印 张: 5

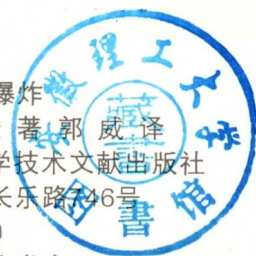
字 数: 79 000

版 次: 2010年5月第1版 2010年5月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5439-4339-1

定 价: 24.00元

<http://www.sstlp.com>



## 内 容 简 介

对人类而言,宇宙包含着最神秘的未知与疑问:宇宙从哪里来?宇宙的历史有多久?它究竟是爱因斯坦所说的“稳恒态”,还是埃德温·哈勃声称的“不断膨胀”?大爆炸之前时间和空间是否存在?暗能量是不是宇宙的“主宰者”?文字专业易读,图片精彩恢宏,走近科学真相,揭开宇宙奥秘,感受浩瀚星空的无穷魅力,尽在《宇宙大爆炸》。

# 目 录

1 埃德温·哈勃与 20 世纪的宇宙 .....	1
2 证实大爆炸:宇宙微波背景 .....	14
3 更快更暗的新宇宙 .....	28
4 宇宙极限:空间与时间的开始 .....	41
5 凝固:相变中的宇宙历史 .....	51
6 接下来的几大问题 .....	62
译者感言 .....	75





## 埃德温·哈勃与 20 世纪的宇宙

宇宙的生命始于 137 亿年前，然而人们如今所称的宇宙——不断延展的宇宙黑洞、暗物质和暗能量——历史却不足 100 年。

20 世纪 20 年代，许多科学家仍然认为银河是宇宙星系中的唯一组成部分。1920 年 4 月，坐落于华盛顿的美国国家科学院举办了一场天文学史上的“大辩论”，辩论围绕着夜空中硕大无朋但模糊朦胧的星云展开。仙女座大星云在辩论中最为引人注目。银河中的星云都与仙女座大星云相类似吗？它们究竟是在银河系以内，还是远在银河系以外？

曾有观点认为银河构成了整个宇宙，不过加利福尼亚州威尔逊山天文台的哈洛·沙普利(Harlow Shapley)对这一想法发起了挑战。加利福尼亚州利克天文台的希伯·柯蒂斯(Heber Curtis)提出宇宙远在银河之外，并称像仙女座那样的遥远星云是体积庞大的独立星系。后来，沙普利和柯蒂斯的辩论不分伯仲，无果而终。

对于当时的大多数科学家来说，宇宙是一个巨大的常数。它恒定不变，无论是现在，还是将来。它既没有起点，也没有尽头。

在这一点上，就连阿尔伯特·爱因斯坦(Albert Einstein)都显得十分小心谨慎，他要保证他的相对论理论与其他科学家的思想保持一致。他最初所作的等式显示，宇宙或者膨胀，或者收缩，别无其他选择。不过爱因斯坦

对于这一结论焦虑不安，因为很显然这会使其其他科学家陷入窘迫尴尬的境地。于是，他加入了一个被称为宇宙学常数的因数，而正是这一因数确保了理论会预测出一个稳恒态宇宙。

换句话说，也就是爱因斯坦伪造了数据，以期获得他认为正确的答案。然而，爱因斯坦的伟大理论又激发了其他科学家的新思想。新发现由此层出不穷，将爱因斯坦的想法带入了一个他从未想象过的新境地。

不过，1925—1933年，美国天文学家埃德温·哈勃(Edwin Hubble)的两项惊人发现却最终改变了爱因斯坦及其他科学家的想法。哈勃使用了当时世界上最大的望远镜——架设在南加利福尼亚威尔逊山天文台的100英寸胡克望远镜(Hooker Telescope)。

首先，哈勃向人们展示了仙女座大星云不仅是气体云，也是使用有效的新式望远镜可以观测得到的星体集合。此外，他还证实仙女座中的星体比银河中最远的星体还要远上10倍。仙女座是一个独立的星系，不过它也仅是哈勃使用新型望远镜能够观测得到的众多星系之一。

其次，哈勃提出宇宙中遥远的星系正在逐渐退行，或彼此远离。它们与银河的距离也越来越远。此外，星系越远，它们退行的速度越快。这种与遥远星系的距离和朝远离我们方向的运动速度之间的关系被称作“哈勃定律”。

宇宙之大超乎人们的想象，而且它仍在不断延展膨胀。哈勃最终无可辩驳地向人们证实，宇宙是一个任何人都未能破解的巨大谜团。1931年，爱因斯坦到威尔逊山拜访哈勃，并承认宇宙学常数是一个错误。尽管爱因斯坦最初与哈勃的意见相左，但他真的太醉心于破解奥秘了。

“我们所能拥有的最美好的经验是神秘的经验。”爱因斯坦在他的散文《我的世界观》中如是说，“它是坚守在真正艺术和真正科学发源地上的基本感情。谁要是体验不到它，谁要是不再有好奇心也不再有惊讶的感觉，他就无异于行尸走肉，他的眼睛是模糊不清的。”

## 科学之路

科学家在探索之初的惊奇感与孩童在发现周遭世界的兴奋感别无二致。他们的好奇心总在激励他们去问“为什么？”和“怎么样？”。他们受到神



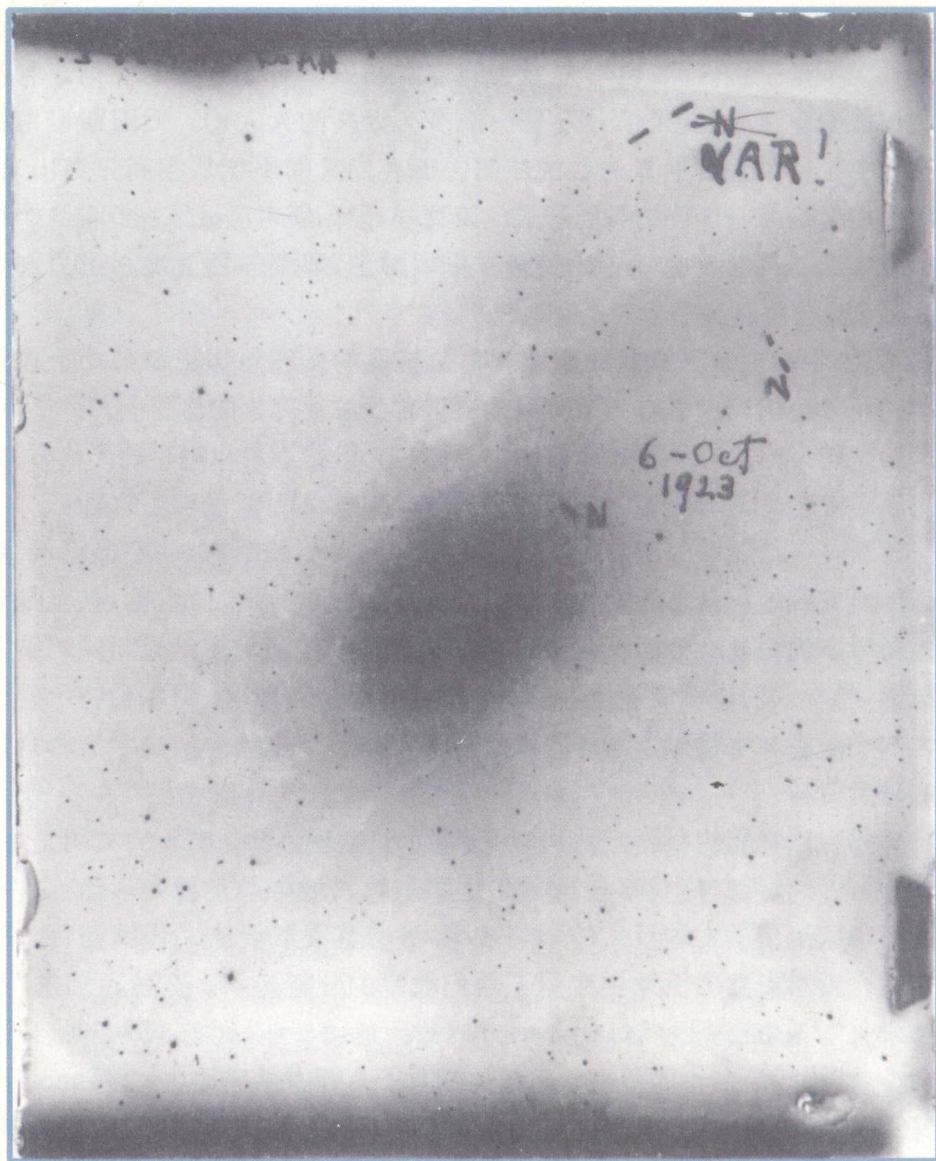


图 1.1 埃德温·哈勃用胡克望远镜拍摄了这张仙女座星系(M31)的底片。在这张底片上,哈勃首次在旋涡星云中发现了造父变星。他最初在右上角标注了一个“N”,表示“新星”,后来他意识到这是一颗“变星”,于是又标注了“VAR”。



秘事物的吸引和召唤,将毕生精力奉献给茫茫宇宙的奥秘——这绝对是一项艰辛的工作。

科学不是一种信仰,也不是事实的堆砌和一串重要日期的罗列。它不是对权威的盲目接受,无论对方是一位多么崇高的大人物。爱因斯坦用相对论改变了每个人对世界的看法。他告诉人们时间不能从空间分离出来,物质和能量是同一事物的不同形式。就这样,爱因斯坦挑战了在此前3个世纪中最伟大的科学权威——艾萨克·牛顿爵士,那个解释了地心引力定律的大人物。

不过,牛顿也会理解爱因斯坦。牛顿将他的发现与理论都归功于在他之前的科学家的伟大思考。因此他才会说:“我站在巨人的肩膀上。”

科学是一种看待世界和揭示奥秘的系统方式,是思考与观察的严格方法。它用事实搭建现实,以逻辑的方式用证据解释谜题,揭开神秘事物的面纱。

活跃在一切领域的所有科学家都拥有同样珍贵的财富:一个笔记本,其中详尽而细致地记录着他们的科学活动、他们的思考和实验数据,甚至是与其他科学家的每一次会面。无论这个笔记本是手写记录还是最新式的膝上型电脑,科学家们无一例外地人手一个。像埃德温·哈勃、阿尔伯特·爱因斯坦和艾萨克·牛顿爵士这样的伟大科学家的笔记本就是历史学家和科学家的珍贵资料。

探索自然奥秘的科学方法可以追溯至古巴比伦和古埃及的文明之中。对太阳、月球和天空的观察是当时文化和宗教领域中最重要活动。古希腊的哲学家运用了古埃及人的学习成果,并将其发扬光大。谨慎而苛求的希腊人在观察自然的活动中应用了他们敏锐的分析方法。在古希腊的“自然哲学家”中,德谟克利特(Democritus)(公元前460—公元前370年)提出一种理论,认为物质最小的不可分割单位是原子。而在希腊语中,“a-tomos”的含义正是“看不见的”。德谟克利特在探索知识时总是兴致勃勃、乐在其中,后来被称为“哈哈大笑的哲学家”。

在面对自然的奥秘时,甚至相隔数千年的伟大科学家也会发出“英雄所见略同”的感慨。古希腊学者埃拉托色尼(Eratosthenes)曾在夏至日分别在两个不同地点比较太阳的位置,并根据地物阴影的长度来测算地球的圆周。在没有任何电子设备和复杂仪器的条件下,他的结论与今天精密测量所得的数字误差仅有15%左右。2500年后,埃德温·哈勃采用类似的严格思考方法来进行宇宙大小的新测算,这同样使人们惊叹不已。

## 科学方法

科学家们的最爱莫过于出其不意。

世界上没有哪两个科学家的工作完全相同，也没有哪两个实验步骤毫厘不差。实验程序很可能会由于科学领域的差异而有所不同。不过，被称为“科学方法”的基本步骤现在已经得到确认：

1. 用批判和审视的眼光观察自然中的某一方面，并对将要探索的领域和将使用的科学原理有初步的了解。
2. 提出可检验的假设和基于观察希望回答的问题。提出的问题应是可通过某种测量进行回答的。
3. 用假设提出预测。
4. 用实验或更多观察来检验预测。检验方法必须公平，每次只能改变一个变量并记录结果。实验通常有 3 种变量：自变量，进行检验时可以改变；因变量，用以显示自变量改变后的结果；控制变量，在实验中不会发生改变。

记录数据，观察期待的结果是否确实出现。如果没有，就要再回到步骤 3 和步骤 4，如此往复。如果你的预测与实验结果仍不一致，那就意味着你必须调整你的想法（假设）或方法（实验）。其他科学家必须能够重复你的实验结果，这被称为能够“复现”。其他实验者也必须能够遵循你的实验步骤，对你的实验结论进行检验。你需要对自己的方法、实验、资料 and 结果进行详细而精确的记录。此外，一定要有一种理论能够对你的观察结果进行解释，并预测实验中尚未发生的状况，同时预测在其他实验中能观察到和产生的情形。



## 哈勃与仙女座

在伊利诺伊州的惠顿，埃德温·哈勃是一位出色的高中田径运动员。他的特长是跳高，并在1906年的田径运动会上创造了一项全国纪录（谁能想象一直以来他都想在天文学上一鸣惊人，并积极进行着准备）。20世纪20年代，他在加利福尼亚应用100英寸的胡克望远镜观测到的结果永久地改变了我们看待宇宙的方式。

不过，哈勃起初并未投身天文学事业。他在芝加哥大学主修了数学和天文学，然后又远赴英国的牛津大学，成为第一批“罗德学者”中的一员。他在牛津攻读法律，但却没有成为律师。返回美国后，他首先在高中教书，后来还在印地安纳州的新奥尔巴尼当过篮球教练。

后来，天文学再次向他发出了召唤，这一次他被带到威斯康星州的芝加哥大学叶凯士天文台。1917年，由于对“模糊星云”的研究成果斐然，他获得了博士学位。此时，哈勃已经了解了那些遥远的宇宙云的重要性。

然而，战争的爆发打乱了他的计划。第一次世界大战期间，哈勃为国效力，并成为陆军少校。1919年战争结束后，新型100英寸胡克望远镜在加利福尼亚州帕萨迪纳附近的威尔逊山天文台架设完毕。著名的美国天文学家乔治·埃勒里·海耳(George Ellery Hale)也恰好在寻找一位年轻的科学家加入他在威尔逊山的团队。海耳选中了埃德温·哈勃。从那时起，我们对宇宙的看法发生了改变。

100英寸望远镜的强大功能和精密度赋予了埃德温·哈勃足够的展示空间，使他得以充分发挥自己的潜力。他开始探索著名的仙女座大星云。由于拥有了新型望远镜，他第一次观测到仙女座不仅仅是雾或者一些宇宙雾，而是各个星体的集合。

此外，哈勃还捕捉到一些被称为造父变星的星体，它们就位于仙女座星云的旋臂中——这些星体的明暗有一定的周期。这些变星在银河中对造父变星的观察中非常著名（北极星就是一颗造父变星）。哈佛大学天文台的两位天文学家亨丽爱塔·勒维特(Henrietta Swan Leavitt)和哈洛·沙普利已经对银河中的变星进行了研究，并发现了造父变星周期（变星由明转暗再转明所需的时间）与它们向各个方向放射的总亮度（被称为绝对发光度）之间的紧密联系。



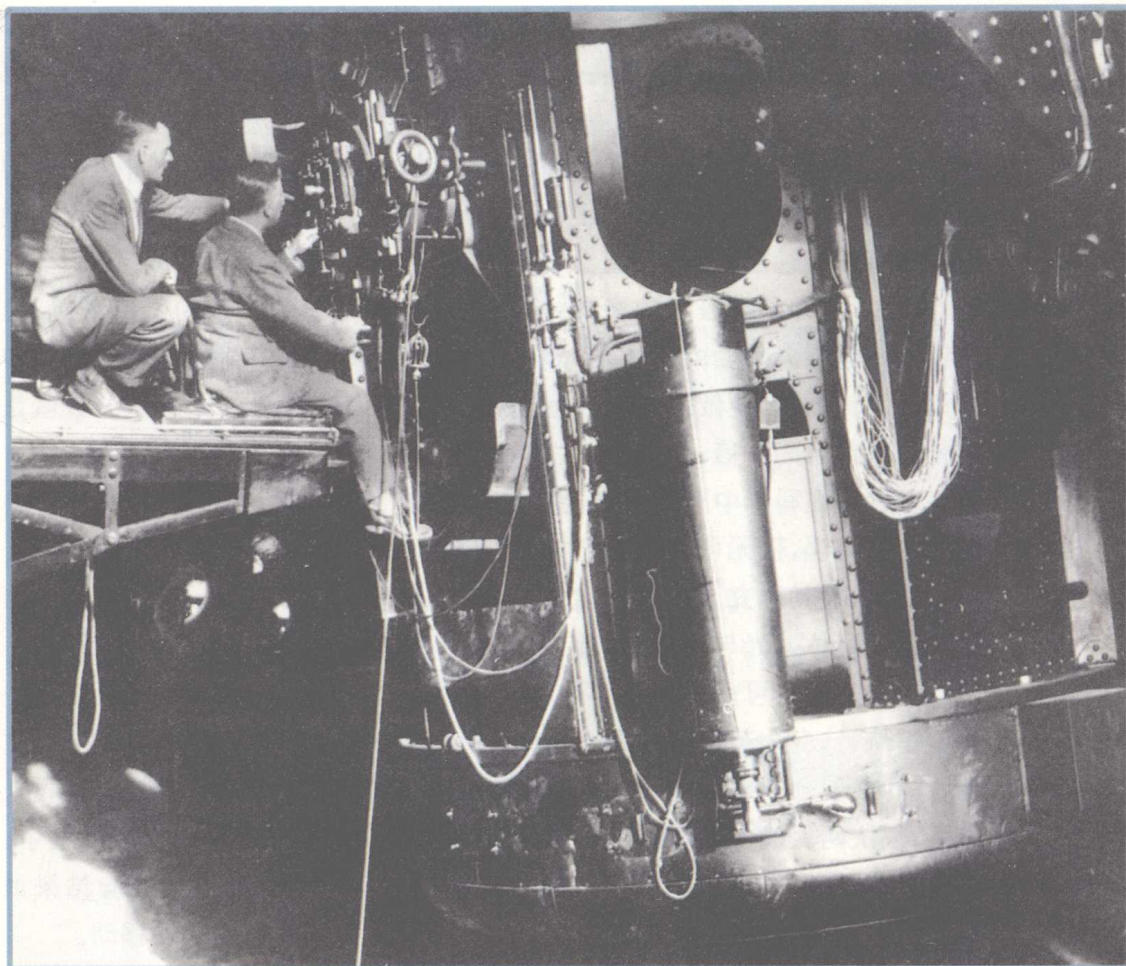


图 1.2 埃德温·哈勃和英国科学家詹姆斯·琼斯(James Jeans)坐在威尔逊山天文台 100 英寸胡克望远镜的观测室里。天文学家使用胶片底片收集来自 55 英尺以下的主镜面的反射光。

当哈勃捕捉到仙女座的变星，就会用它们的周期来测算其绝对亮度。他比较不同的测量方法，以期获得变星的表现亮度，即望远镜镜面所记录的亮度(亮度会随着距离的平方发生变化。一个 2 英尺远的灯泡亮度是 4 英尺远的灯泡亮度的 4 倍)。哈勃把变星当作标准烛光，通过对比它们的相对亮度，便可以测算出其距离。借助标准烛光，哈勃就能够确定仙女座中造父变星的距离。

1923年,哈勃突破了宇宙的障碍,测量出仙女座大星云的距离为90万光年(1光年等于光在一年时间中在真空中行走的距离,即约5.8万亿英里[9.4亿千米])。

哈勃测量出仙女座的距离测量是之前所测到的所有银河系内的星座的距离的10倍还多。这一结果证明,宇宙远在我们所处的星系之外。哈勃能够看到宇宙遥远星系中成千上万的云团,其中包含着难以计数的星体。

不过,这并不是最大的意外:事实证明哈勃是错的。他的想法正确,但出错的是数值。哈勃的学生沃尔特·巴德(Walter Baade)在自己的研究中罗列出统计数据,他做出判断:仙女座远在200万光年之外。而这一数值是哈勃测量结果的2倍。

精确度在科学中至关重要,但“总体方向”更是至高无上。因此,尽管哈勃的数据有误,但无可否认他已向人们描绘了浩瀚宇宙的新形象。

其次,哈勃研究了用以确定退行星体速度的红移现象。他采用的方法是测量在星体发光与光到达我们的时间之内星体的光发生了怎样的变化。

哈勃有一个可贵的伙伴弥尔顿·赫马森(Milton Humason),他曾是一位旅馆侍者,专为莅临威尔逊山的访问科学家服务。他曾为威尔逊山天文台看守大门,并请求天文学专业的学生教他学习数学。后来,哈勃将其收入旗下,很快两人成为默契的工作伙伴。赫马森似乎是一位不知疲惫的助手。工作时,他可以长时间用双手扶稳望远镜的仪器。当哈勃书写实验结果或测量星系的距离时,赫马森就会在一旁记录其形象和射电谱线的移动。

## 红 移

当一辆疾驰的警车从远处向你驶来,警报器的声音会变得越来越大,声调也越来越高。如果它从你的身边驶过,警报器的声音又会变得柔和起来,声调也会变得低沉。

这种声调的变化被称为多普勒效应。1842年,奥地利科学家约翰·克里斯蒂·多普勒(Johann Christian Dopple)在一篇论文中首先解释了这种效应。当声源向你移动时,其产生的声波就会被



压缩到一起。而被压缩声波的波长也会缩短,这就会造成声调升高。当警车驶离时,声波又被拉长,波长也被拉伸,因此声调就会降低。警车的行驶速度越快,你所听到的警报器声调变化越大。

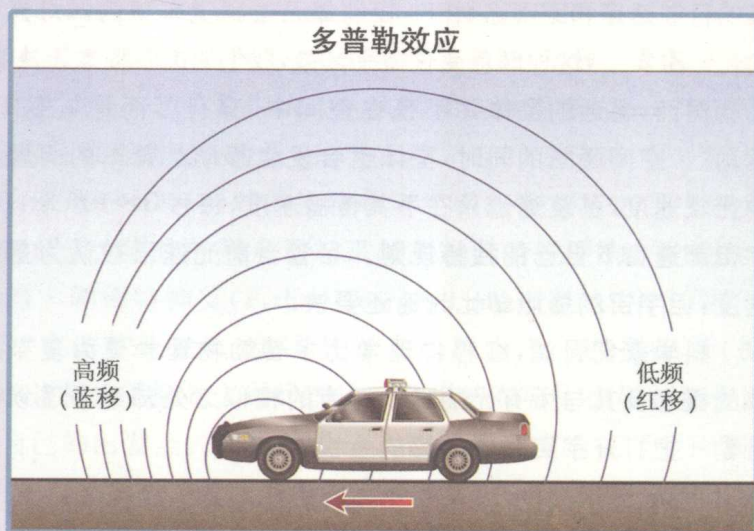


图 1.3 在多普勒频移中,当警车拉响警报器向观察者移动时,声波缩短,声调变高。当车驶离时,声波被拉长,声调降低。光波也遵循同样的规律:当天体向远离地球的方向移动时,光波会被拉长。较长的光波会向着光谱的红色端移动。较短的光波(当天体向地球方向移动时)则会使光变蓝。

光的运动也遵循同样的原理。当光源向你靠近,光波会被压缩,波长变短,光就会变蓝——相当于声波向较高的声调区移动。相反,如果光源远离,光波会被拉伸,波长变长,光就会变红——相当于声波向较低的声调区移动。

天文学家运用类似的原理来测算遥远星体的红移。当星体向远离银河的方向移动时,光波会被拉长,其颜色也会向光谱的红色端移动。星体的退行速度越快,向红色端的移动就越明显。为了



协助记忆电磁光谱中的可见色，我们使用表示红橙黄绿蓝靛紫的首字母：ROYGBIV。这些颜色按照从光波最长（红色）到最短（紫色）的顺序进行排列。

图中的警车在三维空间穿行。当听到警报器不同的声调，在日常的行驶速度和距离条件下，我们无法察觉车顶闪烁灯光的颜色变化。事实上，这种颜色变化微乎其微，我们的肉眼根本无法感知。

然而，遥远的星体并不是在空间中“穿行”，而是与空间“共同运动”。空间膨胀的同时，星体也会发生移动。警车的问题在于它的行驶速度，甚至光也只在乎其传播速度（每秒  $3 \times 10^8$  米）。然而，宇宙却遵循着自己的独特规则。尽管当前光速已被认为是最快的速度，但宇宙的膨胀却比光速还要快。

科学家们强调，红移物理学比多普勒物理学更为复杂。但红移的概念及其与所有光的运动行为的相似之处却赋予了埃德温·哈勃一把打开宇宙膨胀奥秘的金钥匙。

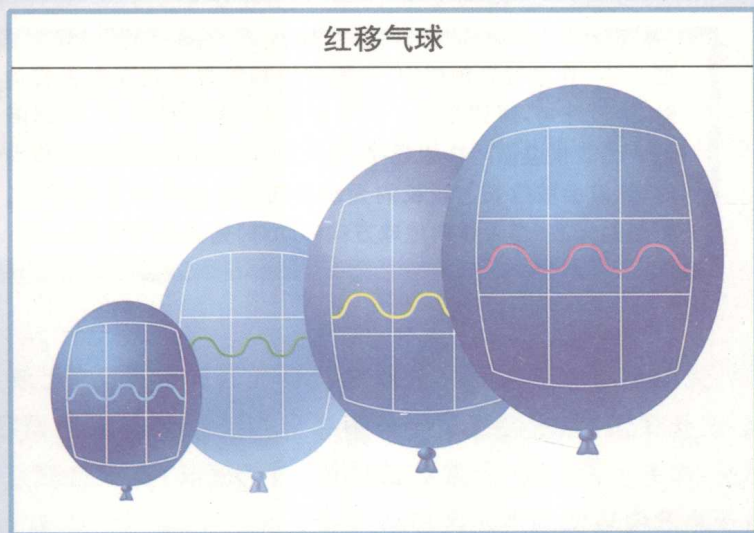


图 1.4 宇宙的膨胀与气球表面的膨胀相类似。当宇宙像气球一样膨胀时，波长会被从光谱的蓝色端拉伸到红色端。

通过对 46 个星系观察结果的仔细筛分,哈勃弃用了其中约一半的资料,因为他认为其中的数据不可靠。到 1929 年,哈勃对他和赫马森的发现深信不疑:几乎所有的星系都出现了红移现象,并不断向远离我们的方向退行。这样的结果显示了红移和距离之间的直接联系。最遥远的星系退行速度也最快。

宇宙正在不断膨胀,甚至今天的宇宙也要大于昨天。未来,宇宙还会变得更加庞大。而无疑,过去的宇宙则要小于现在的宇宙。所以,结论很简单:回顾遥远过去的某一时间点,宇宙曾经很小、很密致。不知何故,在经历了某个事件之后——也许是一次不为人所知的极端爆炸——宇宙便开始膨胀,而且这种膨胀直到现在也没有停止。

由于有了理论支持,哈勃的发现将对宇宙的观察带入了飞速发展的时代。宇宙起源于大爆炸的观点看起来越来越具有说服力。比利时牧师、天文学家乔治·勒梅特神父(Father Georges Lemaitre)从“宇宙原子”理论出发,阐述了“宇宙扩张论”。俄国数学家亚历山大·弗里德曼(Alexander Friedmann)也提出了原始大爆炸理论。勒梅特和弗里德曼都把爱因斯坦的理论作为自己的出发点。弗里德曼还从数学的角度论证了爱因斯坦的“伪造数据”可能是正确的。爱因斯坦的宇宙学常数(希腊语用  $\lambda$  或  $\Lambda$  来表示)为膨胀的宇宙提供了理论框架,而哈勃的研究结果则很有可能证实勒梅特和弗里德曼的理论。

甚至连爱因斯坦在看过哈勃的实验结果后也改变了自己的初衷。在加利福尼亚理工学院担任客座教授时,爱因斯坦前往威尔逊山拜访了哈勃,并对其工作给予了高度认可。他接受了膨胀的宇宙的观点,同时否认了稳恒态宇宙的想法,并摒弃了自己的宇宙学常数——尽管在今天看来这种自我表白的“失误”多少有些像是另一个天才的一个举动。

## 两种道路:牧师与数学家

1932 年 12 月,乔治·勒梅特在《大众科学月刊》上提出的宇宙起源理论引起了巨大轰动。他在长达 3 页的文章中声称:“宇宙中的所有恒星和行星都来源于一个爆炸的原子!”



这位比利时牧师和天文学家还用理论证明了“原始原子”的存在。在经历了不知多久的稳定状态之后，这个致密的原子不可思议地变得不再稳定，开始衰败或爆炸。

不幸的是，亚历山大·弗里德曼——一位早于勒梅特好几年就提出类似的关于宇宙爆炸理论的俄国数学家——当时仍是个名不见经传的小人物。弗里德曼是第一次世界大战和俄国革命的幸存者，1925年因病去世（可能是由于饱受战争摧残的俄国公共卫生设施太差而使他患上了伤寒症）。勒梅特在发表自己观点的两年之后才对弗里德曼的工作有所了解。

1927年，勒梅特在比利时布鲁塞尔的索尔韦物理学家会议（该会议现如今仍每两年举办一次）上与爱因斯坦会面，那时才最终知晓弗里德曼的研究成果。爱因斯坦曾在1922年对弗里德曼的工作进行了批评，因为当时的他仍认为宇宙是稳恒态的，是不会随着时间的流逝而发生变化的。爱因斯坦对弗里德曼说：“你的计算正确无误，但你的物理学令人生厌。”

勒梅特和弗里德曼的理论依据都是爱因斯坦广义相对论的方程式的数学解。弗里德曼还引入了物质临界密度的概念。他认为，处于临界密度以下，宇宙就会收缩。处于临界密度之上，宇宙就会膨胀。如果恰好处于临界密度，宇宙就会永远保持稳定。

爱因斯坦认为，质量与能量的关系是对应的。假设人们试图从地球向太空发射一枚火箭，如果火箭拥有足够多的能量，它就会摆脱地球重力，一直勇往直前（只要不与其他星体相撞）。如果火箭能量不足，它则会垂直落回地球。而如果能量恰如其分，那么在完美条件下，它就会进入地球轨道，并永远在那里遨游。

如今，人们由于弗里德曼为爱因斯坦的广义相对论理论奠定了数学基础而对其赞誉有加。不过可叹的是，他生前却对自己的成功一无所知。

相比之下，勒梅特则幸运得多。他曾主修土木工程，后于1914年加入比利时国防军，在炮兵部队服役。第一次世界大战后，勒梅特返回比利时开创了自己的两份事业。一是继续物理学的研