

从静止宇宙向膨胀宇宙的发展

杨 谦 王洪见 刘树勇

当夜幕降临的时候，漫天灿烂的星斗，浩瀚无际的天空，为人们提供了巨大的想象空间（图 1）。可这巨大的空间是无限的还是有限的呢？宇宙是一直在演化着的，还是总是保持这个样子呢？关于这些问题，从古至今的人们一直就在研究着、争论着，构成了一部不断发展着的天文学和宇宙学的发展史。

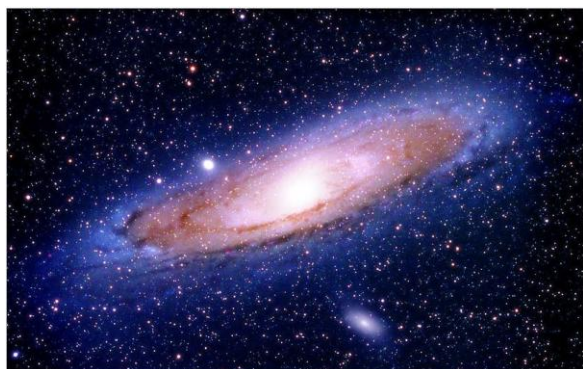


图 1

爱因斯坦的“白痴”问题

1917年3月，爱因斯坦在一封信中写道：“宇宙究竟是无限伸展着呢，还是有限封闭的？海涅在一首诗中曾经给出过一个答案：一个白痴才会期望有一个答案。”多有趣的问题啊！爱因斯坦竟把探索宇宙奥秘的学者说成“白痴”，这当然也包括他自己了。不过，这也是爱因斯坦在研究宇宙学问题并在构造宇宙的模型时发出的感叹，而这时的心情与当年海涅的心情是一样的。这是多么奇妙的巧合啊！古往今来有多少人在考虑这个“白痴”的问题呢？2000多年过去了，至今有关争论仍是宇宙学的一个十分重要的“白痴”问题。

其实“白痴”的问题还不止于此，早在200年前，另一位德国人也有这样的问题。1802年，德国医学教授和业余天文学家幸运地发现了第2颗小行星（他自己命名为“智神星”），后来他又发现了一颗小行星（“灶神星”）和5颗彗星。这个人的名字叫奥伯斯（图2）。19世纪20年代，奥伯斯还提出了一个非常有趣的问题：夜空为什么是黑的？乍看上去，这个问题是多么幼稚啊！这差不多也可以算

作一个“白痴”问题吧！

其实问题并不简单，也并不那么“幼稚”，更不那么“白痴”。为了说话的方便，我们可以假设：

- 宇宙的空间是无限的（这似乎是显而易见的）
- 宇宙空间中的恒星数目也是无限的，并且均匀地分布在这个空间
- 所有恒星发光都是差不多的

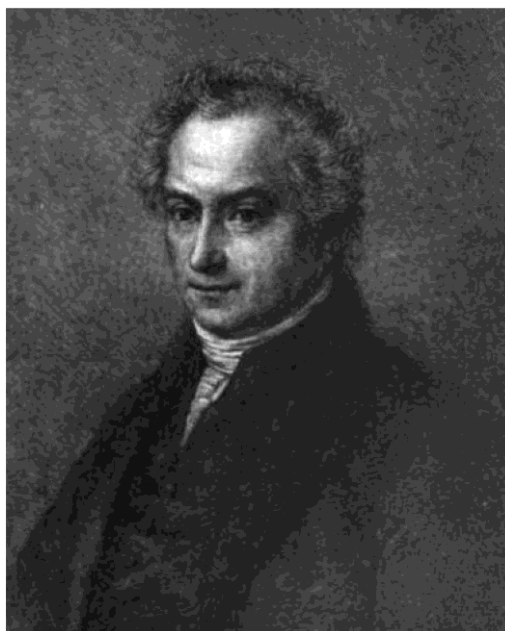


图 2 奥伯斯

为了计算的方便，把地球作为假想的中心，每个恒星发的光照在地球上是有有限。然而，由于宇宙中恒星的数目是无限的，把照射到地球的星光累加起来，那就是非常大的光亮；并且会导致一个很奇怪的结论：夜空不应该是漆黑的，而应该亮如白昼。但观测的事实是，夜空毕竟漆黑一团！

这样看来，我们看到的事实与我们研究问题所依赖的理论产生了矛盾。这种矛盾可以称为“佯谬”，由于是奥伯斯提出的，所以又称为“奥伯斯佯谬”。除了奥伯斯提出的具体科学问题之外，“奥伯斯佯谬”还告诉我们，不能把一些已知的理论随便地向全宇宙推广。这种推广不一定对宇宙学的研究有帮助。此外无限的宇宙模型是值得怀疑的。尽管这是

一个大难题，但科学家并不退缩，而是迎着困难前进。甚至多数科学家都在想，这个问题研究成功可以得到“一石两鸟”的结果。这就是说，既可以确定宇宙是无限的还是有限的，又可以保证物理学的理论具有更大的普遍性。“奥伯斯佯谬”的确是一个大难题，但是它的宇宙学意义是非常重要的，因此这一佯谬被看作是现代宇宙学的起源。

难解的“白痴”问题

从“奥伯斯佯谬”可以看到，这个佯谬向宇宙无限理论提出了挑战，但对宇宙有限性理论也有两个问题：

- 如果宇宙是有限的，宇宙就应该有一个边界，可是这个边界在哪儿呢？边界之外又是什么样呢？

- 如果宇宙是有限的，它就应该有一个中心，可是宇宙的中心在哪儿呢？

这两个问题是容易回答的。如果宇宙有边界，边界之外会是什么样呢？遗憾的是，要想象边界之外的东西，边界之内的整体性就会受到破坏。反过来，若边界之外是空无一物的，处在（宇宙）不同的位置上看宇宙就应该是不同的。可这不符合宇宙学原理的要求。

什么是宇宙学原理呢？这个原理是研究宇宙学的一个基本原理，它告诉我们，从宇宙上任何一点向任何的方向看，宇宙都是一样的；也就是说，在进行测量时所得到的结果都是一样的。在宇宙中不会存在一个特殊的点。而如果宇宙有一个边界，对于宇宙的测量就会得到不同的结果；也就是说，就会违背宇宙学原理。

如果宇宙是有限的，那宇宙就会有一个中心，而这个中心就会是一个特殊的点。这也会破坏宇宙学原理。

看来，不管宇宙是有限的，还是无限的，双方科学家的论证结果都具有一些合理性，但也都存在不合理的一面。他们都没有足够的证据说服对方。

爱因斯坦的宇宙模型

1916年，爱因斯坦创立了广义相对论。我们知道，广义相对论与牛顿的引力理论是不一样的。在宇宙中，物体之间的引力作用是普遍的（所以被称为“万有引力”），物体之间的引力作用是可以超越空间的，所以牛顿的引力作用称为“超距作用”。爱因斯坦认为，由于物体的存在，使周围的空间发生了弯曲，另一物体由于处在这样的（弯曲）空间中

会受到引力的作用。这样的引力作用称为“近距作用”。

1917年，爱因斯坦利用广义相对论来考察宇宙学，使宇宙学发展走上了新的路线，并且建立了现代宇宙学中的第一个宇宙模型。在这个模型中，宇宙中有物质，整体上是无运动的，所以这是一个静态的模型。由于广义相对论引进了新的几何学理论，爱因斯坦构成的新模型是一个有限无边的宇宙模型。

开始，爱因斯坦利用广义相对论提出的新模型有一点问题，就是宇宙并不能够保持静止。为此，爱因斯坦在方程中新加了一个“项”，他称为“宇宙项”（也叫宇宙常数）。这样就可使宇宙保持静止了。

爱因斯坦的宇宙模型是由弯曲空间构成的，由于空间是弯曲的，新的宇宙模型往往形象地用一个球面来表示，新的宇宙不再是一个平直的样子，宇宙是有限的，它没有边界，也没有中心。为什么呢？我们不妨把话题扯得远一些。

在历史上，早期的宇宙体系都假定（或“确定”）某一天体为宇宙的中心。例如，托勒密的体系就是以地球为宇宙的中心，哥白尼体系以太阳为宇宙的中心。在哥白尼提出日心说之后，得到意大利科学家布鲁诺（后来为宣传日心说而献身）和伽利略、德国科学家开普勒等人的支持。当人们的眼界扩大到更远时，人们又将宇宙的中心从太阳挪走（太阳甚至连银河系的中心都不是）。最终人们认识到，任何一个星系或天体都不是宇宙的中心，它们的地位都是平等的，谁也不具有成为宇宙中心的特权。这种想法就被整理成上面提到的“宇宙学原理”，也可以称为“哥白尼原理”。

依据宇宙学原理，在宇宙的每位观察者，不论他在什么地方，朝哪个方向观察，他所看到的都是一样的，没有任何差别。简而言之，宇宙是没有中心的。人们从爱因斯坦的宇宙任何一点看去，他们所得到的正是这种感觉，即这个宇宙是没有中心的。

总之，爱因斯坦的宇宙是有限的、静态的，并且没有边界、没有中心。在这个模型中还包含了前人的宇宙论思想，这就是说，从极大的尺度上看，宇宙的物质分布都是均匀的。当然，这些结论还不是最终的。比如说，坚持宇宙是无限的观点的人就反对“有限的宇宙”的说法。因此，在不加说明的情况下，我们讲的宇宙是一个可以观测的宇宙，与哲学家讲的宇宙是有些不同的。这样一个可观测的宇宙也被称为“我们的宇宙”。

爱因斯坦的“失误”

爱因斯坦建立的宇宙模型标志着现代宇宙学时期的开始，但遗憾的是，爱因斯坦的模型出了问题——爱因斯坦的“宇宙”并不能保持静止。正像英国科学家爱丁顿所发现的，在某一时刻，若宇宙受到一个微小的作用，使宇宙略微变得小了一点点，物体之间的距离就缩短了一点点；而这小小的一点点就会使物体之间的引力增加一点点，并使物体间的距离再小一点点，就再使物体间的引力增加一点点，……如果这“一点点”慢慢地增加下去，就会使宇宙发生明显的收缩，甚至使这种收缩一直收缩下去，直至宇宙收缩到一点。反过来，若在某一时刻，宇宙受到一个微小的作用，如某种原因使宇宙略微变得大了一点点，物体之间的距离就膨胀了一点点；而这小小的一点点就会使物体之间的引力减小一点点，并使物体间的距离再大一点点，就再使物体间的引力减小一点点，……如果这“一点点”慢慢地增加下去，就会使宇宙发生明显的膨胀，甚至使这种膨胀一直持续下去……

由于这种静态模型是一种难以保持静止的宇宙，也就没有必要认为宇宙处于静止状态了。这样，动态的宇宙模型就顺理成章地产生了，而宇宙是收缩、还是膨胀则要根据观测的结果来判定了。

总的来看，爱因斯坦对宇宙的认识在逻辑上是没有矛盾的，但未能得到天文观测上的支持。这与广义相对论得到天文观测上的支持是很不同的。此外，爱因斯坦在广义相对论的引力方程中增添的“宇宙项”（这个“宇宙项”也常常被称为“宇宙常数”）是很不适宜的。这说明爱因斯坦对宇宙学的思考还是不成熟的。几年之后，苏联科学家弗里德曼在不添加“宇宙项”的情况下，对引力方程求解，得到了一种新解。弗里德曼认为，引入“宇宙项”是很不“自然”的。从弗里德曼得到的新解可以看到，宇宙中的物质分布是均匀的，从各个方向看都是一样的，并且是随时间变化的。

一开始，爱因斯坦对弗里德曼的解并不重视，他还认为弗里德曼的解是错误的，并写文章批驳弗里德曼的结果。几年后，美国天文学家哈勃（图3）发现，星系是彼此退行的（即相分离的），即宇宙是膨胀着的（图4），爱因斯坦才意识到自己的错误，而弗里德曼是对的。遗憾的是，这时年轻的弗里德曼已经去世了。

24卷第2期（总140期）



图3 哈勃和哈勃空间望远镜

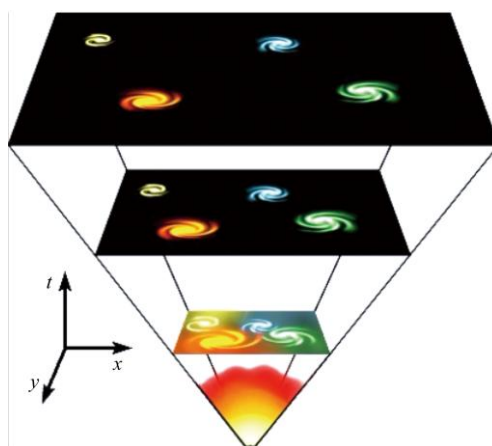


图4 宇宙膨胀示意图

爱因斯坦研究宇宙学，一开始就受挫于宇宙模型。由此人们可以看到，科学之路是不平坦的；这也正如爱因斯坦在他的一篇宇宙学论文中所说的：“我将引导读者走我本人曾经走过的这一条有点崎

· 51 ·

岖曲折的路：因为不这样的话，我就不能希冀他会在旅行结束时对结果产生兴趣”。

宇宙真的在膨胀

弗里德曼的宇宙学研究是短暂的，由于他过早的去世，他的研究没有受到太多人的注意。不过也有例外，比利时的一位神职人员注意到弗里德曼的工作。他就是乔治·勒梅特。

在研究爱因斯坦的引力理论时，由于勒梅特是信仰天主教的，他想建立一种能包含宇宙创生的新模型。这样，牛顿关于无限宇宙的思想就要被排斥在外了，但与爱因斯坦的部分想法是吻合的。当然，勒梅特的模型不应背离科学的原理。

勒梅特在研究爱因斯坦的宇宙模型时注意到，宇宙不是静态的，不是稳定不变的，而是动态的。我们知道，宇宙物质间存在着引力，引力理应将所有物质吸引到一起，并形成一个大块头”。这也曾经是牛顿等人担心的问题，但似乎这种担心是多余的，实际上宇宙更具有一种离散的倾向。

就因为这种担心使爱因斯坦的研究插入了一个多余的“（画蛇）添足”之笔。对于这个“宇宙项”，勒梅特认为是不必要的。为了维持宇宙的这种离散状态，对于弗里德曼的宇宙模型中3种情况——收缩、膨胀和不收缩也不膨胀，他采用了膨胀的情况。宇宙略微膨胀可以抵消引力的作用；如果膨胀的趋势比引力的作用要强一些，这种膨胀就会持续下去。也就是说，将来的观测情况会看到更大的宇宙尺度，或者说，过去的宇宙尺度比今天的要小一些。

由于宇宙是膨胀的，勒梅特认为，宇宙必有一个起点。这不难理解，因为回溯宇宙的演化，发现它是由小到大的。勒梅特还引入了上帝创世的观点，他让上帝在创世时创造了一个“原始原子”。这个“原子”不断长大，它膨胀时伴随着宇宙的不断演化，产生不同的天体和各种射线、粒子等。

最初，像对弗里德曼的理论一样，爱因斯坦对勒梅特的模型也不以为然。他认为，勒梅特并没有很好地掌握有关的理论，“原始原子”的观点是荒谬的，并坚持静态模型，这当然使勒梅特很失望。

在弗里德曼和勒梅特提出宇宙动态模型或膨胀模型之后不久，天文学家的观测支持了他们的观点。美国天文学家哈勃的发现说明，宇宙正在膨胀着。英国天文学家爱丁顿注意到哈勃的发现，他将哈勃的发现与弗里德曼和勒梅特的研究结合起来，认为

哈勃的发现给弗里德曼和勒梅特的宇宙模型提供了有力的证据。

当爱因斯坦得知哈勃的发现之后，他不再“不以为然”了，而且意识到“宇宙常数”的确是多余的。所以，从20世纪30年代开始，爱因斯坦在进行广义相对论和宇宙学的研究时，就不再使用“宇宙项”或“宇宙常数”了。在40年代中期，爱因斯坦在他的讲演集《相对论的意义》中加了一个附录，认为“宇宙项”的引入使理论变得复杂了，破坏了逻辑上的朴素性。他还肯定了弗里德曼的工作，并且用很长的篇幅说明弗里德曼模型。因此，我们有时将静态模型称为“爱因斯坦模型”是只具有历史意义的，实际上爱因斯坦后来放弃了他的观点，而接受了膨胀宇宙的模型。爱因斯坦的这种改变并不奇怪，因为在建立广义相对论之后，他就一再宣称，他的理论将接受各种观察和实验上的检验，并准备接受反面的检验结果，甚至放弃广义相对论。而宇宙学的初期发展，爱因斯坦正是本着这样的观点行事的。

宇宙大爆炸

勒梅特认为，最初的宇宙形成于“原始原子”，后来人们称为“原始火球”，“原始原子”的名字已很少用了。最初的“原始火球”只有几光年大小，其中充满物质和能量，同今天的宇宙大小比起来，那时的宇宙更像一个“鸡蛋”，所以被勒梅特形象地称为“宇宙蛋”。“宇宙蛋”非常不稳定，稍有干扰它就炸开，爆炸的规模和激烈程度是难以想象的。爆炸后的碎片就逐渐地形成了我们生存其中的或可以眼见的星系。这些星系继续膨胀，直到今天还未停下来。

20世纪30年代，爱丁顿大力宣传勒梅特的“宇宙蛋”，并加以通俗化，逐渐形成了膨胀宇宙模型。很有趣的是，中国古代有关于盘古开天辟地的说法，相比而言，盘古就像是“宇宙蛋”中的胚胎。

一般来说，在研究宇宙演化过程中，我们还不可避免地碰到宇宙膨胀之初的问题，也就是说，时间起点或宇宙起源问题。关于时间起点和宇宙起源，过去常常属于神学问题，或者属于哲学问题。由于宇宙学的研究与进展，科学家已经有能力研究宇宙起源的问题，而勒梅特正是这样做的。他将宇宙起源这样一个抽象的哲学问题转变为一个具体的科学问题，并且为科学家开辟出一片广阔的研究领域。

现代物理知识

科学研究表明，“宇宙蛋”的爆发是一种物质的力量所引发的，而不是借助某种神秘的力量导致的。

科学家在天文观测中发现，宇宙大部分是氢，其次是氦。关于这些，勒梅特还不能加以说明。20世纪40年代，美籍苏联物理学家伽莫夫发展了勒梅特的理论，他对化学元素的起源问题作出了很大贡献。他的理论说明了现在宇宙中氢元素和氦元素的数量。

对于宇宙创生过程，伽莫夫和他的学生阿尔弗写好了一篇文章。在文章中，他们认为，“宇宙蛋”中充满了“中子素”，通过猛烈的爆炸，“中子素”分开并形成中子。这些中子迅速衰变成质子和电子。这些质子就是氢原子核，而质子与中子的反应就形成氦元素。这就说明了宇宙中氢元素和氦元素的形成，以及在宇宙中的含量问题。

元素形成的反应是非常快的，伽莫夫设想不超过半小时。在爆炸时要释放大量的能量，所以温度是极高的；随后温度迅速下降，不同的原子核在温度下降时会俘获电子而形成原子；这些原子凝聚成气体物质，并在爆炸时向四面八方飞散而去，在飞散时形成星系与恒星。

伽莫夫生性幽默，在进行科学研究时也不忘开个小玩笑。这个玩笑由他和阿尔弗的名字引起的。阿尔弗的英文是 **Alpher**，伽莫夫的英文是 **Gomow**，这两个名字与希腊字母 **alpha**（阿尔法，希腊字母表中第1个字母，写作 α ）和 **gamma**（伽玛，希腊字母表中第3个字母，写作 γ ）发音相似。但在希腊字母表中只有第1个和第3个字母，缺第2个字母。为此，他拉进了一个物理学家，他的名字叫贝特，是美籍德国人，用英文写是 **Bethe**，与希腊字母 **beta**（贝塔，字母表中第2个字母，写作 β ）发音相似。在发表时署名为阿尔弗、贝特和伽莫夫，看上去好像是希腊字母表中前3个字母：阿尔法、贝塔和伽玛。这样的组合让人真是有点儿忍俊不禁。后来，伽莫夫干脆把他们的理论称为 α - β - γ 理论。这样不仅觉得十分有趣，可以给读者更深的印象，而且便于记忆。可见，读科学论文也不是那么枯燥吧！

对于 α - β - γ 理论来说，其中有一个重要的预言，这就是大爆炸后宇宙降温的情况，到今天温度降到了5 K，换算成摄氏温度是 -268°C 。伽莫夫的这个预言是真的吗？科学家本应去测量一下就可以了，但遗憾的是，当时和以后的一段时间内，人们并没

有加以认真的对待。

宇宙背景辐射

1964年，美国贝尔实验室的工程师彭齐亚斯和威尔逊架设了一台喇叭形状的天线（图5），用以接受“回声”卫星的信号。经过一年左右的精密测量，接收到一些不可消除的“噪声”。最初，他们认为，这可能是来自电子线路自身的噪声，而后发现噪声并非如此。在他们发现天线喉部粘满了鸽子粪后，他们怀疑这种“白色介质”有可能成为噪声源。他们将天线喉部拆下来，并清除了这种“白色介质”，但噪声却未被清除掉。经过种种努力，他们排除了噪声来自设备自身的可能性。最后，他们终于明白，这个像“幽灵”一样的噪声可能来自宇宙空间的深处。因为这种噪声是如此的均匀和稳定，以至于在天空的任何方向上都可以接收到它。

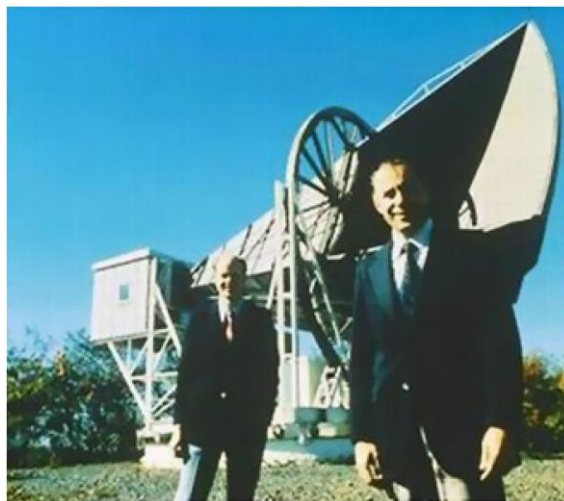


图5 彭齐亚斯、威尔逊和他们的天线设备

这个“噪声源”是怎么回事呢？彭齐亚斯和威尔逊并不清楚它的意义，他们在《天体物理学报》上以《在4080兆赫上额外天线温度的测量》为题发表论文，正式宣布了这个发现。不久狄克和皮伯斯等人在同一杂志上以《宇宙黑体辐射》为标题发表了一篇论文，对这个发现给出了正确的解释，即：这个额外的辐射就是宇宙微波背景辐射。

根据伽莫夫提出的宇宙大爆炸理论的预言，应能观测到一种微波噪声。由于这种噪声充满宇宙，无论我们从哪个方向测量都可以测到它，所以就称它为“宇宙背景辐射”；又由于它是微波辐射，所以也可称作“宇宙微波背景辐射”。当时伽莫夫的理论并未得到学术界的重视。原因是射电技术尚不够成

熟，人们根本没有想到用实际观测去验证一下这种预言。

宇宙背景辐射的发现在近代天文学上具有非常重要的意义，它给了大爆炸理论一个有力的证据，并且与类星体、脉冲星、星际有机分子一道，并称为 20 世纪 60 年代天文学“四大发现”。彭齐亚斯和威尔逊也因发现了宇宙微波背景辐射而获得 1978 年的诺贝尔物理学奖。

不只是大爆炸得到观测上的支持，从颁发 2011 年诺贝尔物理学奖来看，获奖者利用超新星的观测，发现今天的宇宙在加速膨胀。来自美国和澳大利亚的三名天体物理学家获得 2011 年诺贝尔物理学奖，以表彰他们对超新星研究和对宇宙加速膨胀研究的贡献。其中，获奖者珀尔马特 52 岁，在美国加州大学伯克利分校主要研究宇宙超新星项目。44 岁的布赖恩·施密特就职于澳大利亚国立大学；42 岁的亚当·里斯在美国巴蒂摩尔约翰霍普金斯大学及空间望远镜研究所研究天文物理。他们的研究在 1998 年公布，珀尔马特主持一个研究小组，施密特则主持成员包括里斯的另一个研究小组。两个小组各自努力，相互“竞争”，而观测结果可谓“不约而同”：宇宙的膨胀速度不是恒定的，也不是越来越慢，而是不断加快。这给研究界带来的一场风暴。瑞典皇家科学院在颁奖声明中说，这三位科学家对超新星的观测证明，宇宙在加速膨胀、变冷，这一发现“震动了宇宙学的基础”，“帮助我们解开了宇宙膨胀的面纱”。

宇宙膨胀与暗能量

在天文观测时，有一种“造父变星”是非常重要的，它像一支标准的“烛光”，通过测算和比较，可以确定它附近恒星与地球之间的距离。但是，如果这种“造父变星”太远，对它的辨识就有困难了，这就不能用于确定恒星（系）与地球之间的距离了。这样，就要另寻“它星”了。在宇宙中，恒星演化到晚期，超新星是它的归宿。在超新星中有一种 Ia 型超新星，它可以担当测量距离的标准“烛光”的角色。“Ia 型超新星”是由密度极高而体积很小的白矮星爆炸而成。由于每颗“Ia 型超新星”爆发时质量都一致，爆炸发出的能量和射线强度也一致，因此在地球上观测“Ia 型超新星”亮度的变化，可以准确推算出它们和地球距离的变化，并据此计算出宇宙膨胀的速度。

通常情况下，由于引力效应，我们的物质受引力的影响，膨胀应该是越来越慢，而不是越来越快。2011 年诺贝尔物理学奖得主原本也打算找到宇宙膨胀减慢的证据，结果却得出了完全相反的结论。这项发现也完全出乎他们的意料。他们看到的现象，就好比是把一个小球抛向了空中，却没有看到它落回来，反倒看着它越来越快地上升，最终消失在了空中，仿佛引力无法逆转小球上升的轨迹一般。类似的事情似乎发生在整个宇宙当中。

那么，是什么在加速宇宙膨胀呢？它向物理学提出了一大挑战，至今无人能够破解这一谜题。有些科学家喜欢“向后看”，就又把当年弗里德曼删去的“宇宙常数”找回来（尽管这不是第一次了）。当年爱因斯坦加入“宇宙常数”的目的，是为了引入一种能够与物质之间的引力相抗衡的斥力，从而创造出一个静态的宇宙。如今，“宇宙常数”却似乎在加速宇宙的膨胀。

所谓“删去”就是设“宇宙常数”为零，现在“找回来”只是不为零，是大于零的数。可是大于零的“宇宙常数”的意思是什么呢？这种神秘力量被称为暗能量，它无法被观测到，但却存在着引力效应。虽然“暗能量”只是一些假设，但却能解释观测到的现象。当然这种利用暗能量来解释宇宙膨胀的理论还存在很多争议，也无法证实这些东西的存在，但相对于修正现有理论，暗能量理论反而更加简便，所以也有相当多的科学家采用这种观点来解释宇宙。

宇宙的膨胀始于 140 亿年前的大爆炸，但在最初几十亿年里，宇宙膨胀的速度是越来越慢的。但最终，它开始加速膨胀。这种加速被认为是由暗能量驱动的，这种暗能量起初只占宇宙的一小部分。但随着物质在宇宙膨胀过程中逐渐稀释，暗能量变得越来越显著。

不管“暗能量”是什么，它似乎都会继续长期存在下去。它与物理学家和天文学家研究了很长时间的宇宙学谜题符合得非常完美。按照现在公认的观点，宇宙大约有 73% 是由暗能量构成，剩余的是物质。但普通物质，也就是构成星系、星球、花草树木和鸟兽虫鱼的东西，只占宇宙成分的 4%。其他 23% 的物质被称为暗物质，至今仍在跟我们玩“捉迷藏”（图 6）。对于不可见的暗物质和暗能量，我们只知道它们发挥的作用一个是推，另一个是拉。名

字前面那个“暗”字，是它们唯一的共同点。也许，随着研究的不断深入，对于它们的“暗”可以认识的更清楚，或不再“暗”了。

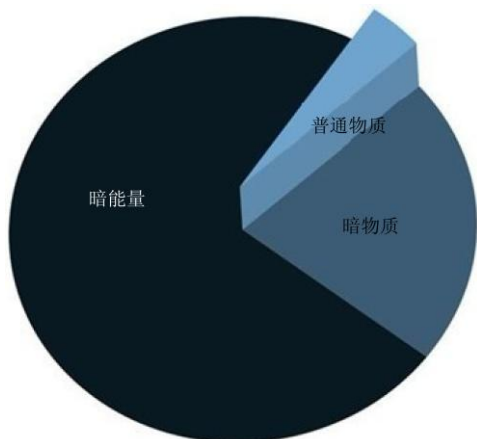


图 6 宇宙成分

结语

尽管新的研究表明，宇宙膨胀是确实的，但是疑云依然存在。“白痴”问题仍然困扰着关注宇宙命运的人们，同时也必将激励着后来的科学家们去探索宇宙深处的奥秘。大智若愚，大巧若拙。“白痴”问题并不白痴，就像爱因斯坦和英费尔德曾经说过：“提出一个问题往往比解决一个问题更重要，

因为解决一个问题也许仅仅是一个数学上的或实验上的一个技能而已。而提出新的问题，新的可能性，从新的角度去看旧的问题，却需要创造性的想象力，而且标志着科学的真正进步。”也许我们在回看“奥伯斯佯谬”会有些体会的。

从 20 世纪中叶以来，宇宙膨胀模型是宇宙学研究的重要成果。从这个不断得到改进的理论来看，宇宙从时间和空间上是有限的，微波背景辐射可以看作对膨胀宇宙模型是肯定的。尽管从现代宇宙学的研究，作为一个著名的“佯谬”已经不成为问题了，但是，我们还是要看到“奥伯斯佯谬”的批判作用，即批判无限宇宙的观点。正是“奥伯斯佯谬”开辟了近代宇宙学研究的新途径。可见，“从新的角度去看旧的问题，却需要创造性的想象力”的。

物穷其理，宏微交替，研究这个“白痴”问题需要将描述微观世界的粒子物理与描述宇观世界的宇宙学结合起来。这一极大与极小的联系是 21 世纪物理学和天文学研究的一个新特点。在科学的道路上，是没有平坦的大路可走的，只有在那崎岖小路上攀登的不畏劳苦的人们，才有希望到达光辉的顶点。所以连爱因斯坦也不得不感慨：探索“白痴”问题还真是“一条有点蜿蜒崎岖的路”啊！

(首都师范大学物理系 100048)

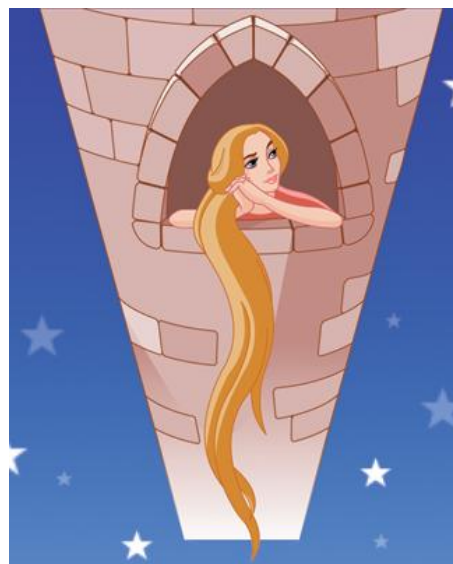


科苑快讯

马尾辫物理学

为什么有的人头发束起来像又长又细的马尾，而有的人则是圆锥形——最近一个关于马尾辫的方程式给出了答案。我们每个人的头上平均生长着 10 万根头发，如果一一分析它们的形状、长度和质地将是一个难以完成的课题。

研究者利用统计力学的方法（一种处理大量粒子集体行为的方法）假设头发为一股流动的液体，从发夹、发圈开始，直至末端越来越少。这些假设被置入一个均匀纤维管公式后，就得到了马尾辫形状方程式。这个方程式已发表在 2 月 13 日的《物理评论快报》(Physical Review Letters) 上，它不仅能够解释不同的马尾辫发型，更有助于预言纤维管的动态行为。换句话说，当童话中的长发公主放下她的长发时，你就能确定它到底能甩多远。



(高凌云编译自 2012 年 2 月 12 日 www.sciencemag.org)