

婴儿宇宙，黑洞的后裔

Stephen W. Hawking

在这次讲演里，我想谈谈黑洞，和它的后裔——婴儿宇宙。掉进黑洞已成为科学幻想中的恐怖情节。实际上，黑洞可以说是真正的科学事实，而非科学幻想。我将说明，有很好的理由来预言黑洞的存在。观测证据有力地表明，在我们的星系里有若干黑洞，在别的星系里也有。

当然，科学幻想作家们最感兴趣的是：假如你掉进黑洞，将会发生什么。通常的设想是，黑洞在旋转，你可以穿过时空中的一个孔，然后到达宇宙的另一区域。显然这增加了太空旅行的可能性。的确，我们需要这样的好事情，即在将来能够实现到别的星球（姑且不谈别的星系）旅行。否则，没有任何东西跑得比光快的事实意味着，到最近一个星球作往返旅行至少要八年的时间。这对想去毗邻星球度周末的人来说是太长了。另一方面，如果你穿过黑洞，你可以在宇宙的任何地方重新冒出来。你怎样选择你的目的地还不很清楚。或许，你从室女座出发，结果到了蟹状星云。

我很遗憾地要让那些潜在的星际旅行者失望：如果你跳进黑洞，你将被撕得粉碎，你的形体将不复存在。但从另一种意义上说，组成你形体的粒子，的确进入了另一个宇宙。我不知道，对那些在黑洞里被弄成肉酱的人来说，知道组成他肉体的粒子或许还能幸存下来会不会是个很大的安慰。

虽然我用了稍为俏皮一些的语言，但我这个讲演将基于坚实的科学之上。我这里讲的大部分，是这个领域里其他科学家同意的，虽然他们的同意是很近期的事情。但是，这个讲演的最后部分是最近的工作，还没有被普遍地接受，不过正在激起很大的兴趣和兴奋。

虽然我们称之谓“黑洞”的概念可以追

溯到200年前。黑洞这个名称是于1967年由美国物理学家约翰·惠勒（John Wheeler）引进的。这是天才的杰作，这个名字保证了黑洞进入科学幻想的神话里。他给这个一直没有满意称谓的东西定下确切的名字，也刺激了科学研究。在科学上，一个好名称的重要性是不可低估的。

就我所知，讨论黑洞的第一个人是剑桥大学的 John Michell，他在1783年写过有关黑洞的文章。他的想法是：假设你垂直向上开炮。随着炮弹的上升，炮弹的速度将因引力减慢。最终，炮弹停止向上，落回到地球上来。然而，如果炮弹超过某临界速度，它将永不停止，不回到地球上来。这个临界速度称为逃逸速度。在地球上逃逸速度约为7mile/s。在太阳上逃逸速度约为100mile/s。这两个速度都比真正的炮弹速度高，但比光的速度，186,000 mile/s，慢得多。这意味着，引力对光没有多大的影响，光能毫不困难地逃逸地球或太阳。然而，Michell推论，有可能存在这样的星体，其质量足够大，体积足够小，它的逃逸速度比光速还大。我们不可能看见这样的星体，因为从它表面发出的光会被拉回到它的引力场中，不可能到达我们这里。然而，通过探测它的引力场在其邻近物体上的效应，我们或许能知道它的存在。

倒不能完全地将光看作炮弹，因为，根据1897年作出的实验，光总是以相同不变的速度运动。因此，引力怎么能够减慢光的速度？关于引力如何影响光，当爱因斯坦于1915年建立广义相对论时，便有了完全自洽的理论。尽管如此，这个理论对古老的星体和其它大质量的星体意味着什么，直到1960年才普遍地被认识

到。

根据广义相对论，空间和时间一起可被看成四维空间，称为时空。时空不总是平直的，它被其中的物质和能量扭曲或弯曲。物体试图沿时空中的直线运动，但因时空是弯曲的，它们沿称为短程线的路径移动。短程线是弯曲空间中最接近于直线的东西。因此，地球试图沿直线运动，但因为时空是被太阳质量弯曲的，地球实际上是沿着螺旋形路径，绕着太阳转。

类似，光试图沿直线传播，但因时空是弯曲的，光看起来沿着弯曲的路径前进。我们可以在日蚀时实际地观测光的弯曲。日蚀时，月球遮挡住太阳，允许我们观测那些几乎与太阳在一个方向的星体。我们发现，那些星体看起来在稍为不同的位置，因为从那些星体发出的光被太阳附近的弯曲时空偏转了。

光通过太阳附近时，偏转是很小的。然而，如果太阳缩小到只有几英里大小，光线的偏转将非常大，以致于离开太阳的光竟逃不出去，而被引力场拉回来。根据相对论，没有任何东西跑得比光更快。所以，就会有这样的区域，没有任何东西可以从这个区域逃出去。这个区域就是黑洞，它的边界称为视界。视界由光形成，这些光刚好无法逃出黑洞，而徘徊在边缘上。

设想太阳会缩小到只有几英里大小，这听起来很荒谬。的确，物质怎么可能被压缩到如此程度？答案是，可能的！太阳这样大，是因为它很热。太阳在燃烧氢，生成氦，就象受控的氢弹。在这过程中释放的热量产生内部压强，使得太阳能抵抗它自身的试图使其变小的引力。

然而，太阳最终会耗完它的核燃料。你倒不必着急去预订飞往其它星球的机票，因为这要到50亿年后才会发生。但是，质量更大的星体会更快地耗尽它们的核燃料。当燃料耗尽时，它们会失去热量并收缩。如果星体的质量小于太阳质量的两倍，它们最终会停止收缩而处于稳定的状态。这个状态可以是白矮星，其直径几千英里，密度每立方英寸数百吨。也可以是中子星，直径约十英里，密度每立方英寸数百万吨。

在银河系里，在我们的邻近的宇宙空间，我们观测到了很多白矮星。然而，直到1967年当剑桥大学的 Jocelyn · Bell 和 Tony · Hewish 发现称为脉冲星的天体时，中子星才被观测到。脉冲星可以发射规则的电磁波脉冲。最初，他们怀疑是不是遇到了星外文明。的确，我记得在他们宣布这个发现的报告厅里装饰着“小绿人”图案。然而，他们和别的科学家最终得出了不那么浪漫的结论：那是旋转的中子星。对那些空间“西部文学”的作者们来说，这是坏消息；但对少数在当时相信黑洞的我们来说，这却是好消息。如果星体可以缩小至10—20mile大小而成为中子星，我们可以期望，别的星体就可能进一步缩小而成为黑洞。

质量超过两倍太阳质量的星体不可能成为白矮星或中子星。在有些情况下，这样的星体可能爆炸，扔掉足够多的物质，使质量减少到太阳质量的两倍以下。但这不是在所有情况下都会发生的。有些星体会收缩至这样小，它的引力场会将光线弯曲得如此厉害而使光返回该星体，没有光或任何别的东西能够从其中逃逸出去，这样的星体便成了黑洞。

对有些黑洞，我们已有了相当好的观测证据。一个最好的例子是天鹅座 X1。这是由一个正常的星绕着一个看不见的伴星组成的系统。物质似乎在从正常星上吸走，落向伴星。当物质落向伴星时，它形成涡旋式的运动，就象水从浴盆中流走一样。物质会变得很热，并发射出我们观测到的X射线。看不见的伴星一定是很小的白矮星或中子星或黑洞。然而，伴星的质量至少是太阳的六倍。这对白矮星或中子星来说都太大了。所以，这伴星一定是黑洞。

我曾和加州理工学院的 Kip Thorne 打赌：天鹅座 X1 里没有黑洞。这不是因为我不相信天鹅座 X1 里真的有黑洞，而是我采取的保险政策。我已作了大量有关黑洞的工作，假如结果是黑洞不存在，这些工作便白做了。但这样的话，我至少还能从赢了赌注那儿得些安慰。现在，我认为黑洞存在的证据已十分令人信服，我打算认输了。我将给 Kip Thorne 定一份

Penthouse。

掉进黑洞的任何东西都进入了这样一个区域，其时空弯曲得这样厉害，以致光亦不能逃逸出来。光比任何别的东西都跑得快，这意味着，没有任何别的东西可以从黑洞里出来。因此，在你决定跳进黑洞之前，请三思。如果你不喜欢你在黑洞里看到的东 西，后悔是来不及的。

物理学定律是时间对称的。因此，如果有称为黑洞的星体，物质可以进去但不能出来，那么，应该有另外一种星体，物质可以出来但不能进去。这种星体称为白洞。可以推测，人们可从某处跳进黑洞，而从另一处的白洞里冒出来。这该是远程空间旅行的理想方法，你所需要的，就是在附近找一黑洞。

初看起来，这种形式的空间旅行似乎是可能的。有几个广义相对论的解，在这些解中，掉进黑洞而从白洞出来是可能的。然而，最近的研究表明，这些解很不稳定：最轻微的扰动，如空间飞船的存在，都会破坏从黑洞到白洞的通道，或曰温洞。空间飞船会被无穷大的力撕得粉碎。还有谁愿为大力神号买票？

此后，事情似乎变得毫无希望。也许，黑洞对于摆脱垃圾甚至某些朋友还有用。但黑洞是“没有旅行者可以返回来的国度”。然而，前面我讲的都基于爱因斯坦的广义相对论，这个理论与我们迄今的观测吻合得非常好。但我们知道，他的理论不可能是很正确的，因为它没有把量子力学的测不准原理结合进来。测不准原理指出，粒子不可能同时有精确的位置和速度。如果你对粒子位置的测量愈精确，你对粒子速度的测量就愈不精确。

在 1973 年，我开始研究测不准原理会引起黑洞怎样的变化。出乎意料，我发现黑洞并不完全黑。它们会以稳定的速率辐射和发射粒子。当我在牛津附近的一个会议上宣布这些结果时，大家都不相信。会议主席说，这些结果是无稽之谈，并撰文这样说。然而，当别人重复我的计算时，他们发现了同样的效应。

黑洞怎么能辐射？黑洞里的东西怎么能逃出视界？答案是，测不准原理允许粒子在短距

离内跑得比光快，这使得粒子和辐射能够逃出视界并从黑洞里出来。因此，从黑洞里逃出来是可能的。然而，从黑洞里出来的东西会与掉进去的不一样，只有能量是一样的。

黑洞发射粒子和辐射时会损失质量。这会 使黑洞变小，并更快地发射粒子。最终，黑洞将减小到零质量而完全消失。那么，对掉进黑洞的物体（可能是宇宙飞船），结果会怎样呢？根据我最近的工作，答案是，它们将形成小小的婴儿宇宙。一个自持的小宇宙便从我们的宇宙区域里分离出去。这些婴儿宇宙可能重新加入到我们的时空区域里来。如果婴儿宇宙加入我们的宇宙区域，它将看起来是另一个黑洞，先形成再蒸发。掉进黑洞的粒子会显得象由另一黑洞发射的粒子，反之亦然。

这听起来正是通过黑洞进行空间旅行所需要的。你只要驾驶空间飞船进入合适的黑洞。最好是个大的，否则，引力将在你进入黑洞前将你碎成肉酱。然后，你再期望从别的洞里冒出来，虽然你不可能选择从哪里冒出来。

然而，在这种星际交通模式中还有些意外的困难。接纳掉进黑洞的粒子的婴儿宇宙，发生在虚时间中。虚时间听起来象科幻小说中的东西，但它是定义得很好的数学概念。为了将量子力学和测不准原理恰当地引进来，虚时间似乎是必需的。然而，这不是我们客观感受到的时间：在这时间里，我们在变老，灰发愈来愈多。比较说来，虚时间可以认为是垂直于“实时间”的时间方向。

在实时间中，掉进黑洞的宇航员将会成为粘乎乎的肉酱。他会被头和脚所受引力的差异撕得粉碎。甚至组成他身体的粒子亦不能幸存。在实时间中，它们的历史将终止在一奇点上。但在虚时间中，粒子的历史会延续下去。它们会进入婴儿宇宙，并重现由另一黑洞发射出的粒子。从某种意义上说，宇航员被传运到了宇宙的另一区域。然而，重现的粒子看起来不再象宇航员了。当他撞进实时间中的奇点时，即便知道组成他的粒子在虚时间中还能幸存下来也不会得到很大的安慰了。任何掉进黑洞的

人的座右铭应该是：幻想。

是什么决定粒子该在哪儿重现？婴孩宇宙里的粒子数等于掉进黑洞的粒子数加上黑洞在蒸发过程中发射的粒子数。这意味着，掉进黑洞的粒子将从另一质量大致相同的黑洞里出来。因此，你可以试着选择粒子从何处出来，通过产生一个其质量与粒子掉进去的那个相当的黑洞。然而，黑洞会同样可能地发射具有相同总能量的另一组粒子。即使黑洞发射了同种的粒子，人们仍然无法说，这是不是与掉进黑洞的粒子一样。粒子不会带身份证，所有同种的粒子看起来都是一样的。

所有这些都意味着，穿过黑洞不大可能是可靠而受欢迎的空间旅行方式。首先，你得在虚时间中旅行到那儿，并不能介意你在实时间中的历史将以粘乎乎的肉酱为终结。其二，你不可能真正地选择你的目的地。

虽然婴孩宇宙对空间旅行没有多大用处，但对于我们企图要找到能够描述宇宙里所有东西的完全统一的理论，它们却有重要的含意。我们现有的理论包含一些量，如粒子的电荷。这些量不能为我们的理论预言。相反，我们得选取它们的值来与观测符合。然而，大多数科学家相信，有些潜在的统一理论能预言所有这些量的值。

很可能有这样的理论。许多人认为它是超弦理论。超弦理论中不包含有任何可调整的量。因此，人们可以期望，这个统一理论应该能够预言所有量的值，如粒子的电荷，这是现有理论不能确定的。尽管我们还不能由超弦理论预言这些量中的任何一个，但许多人相信，我们最终能够这样做。

然而，如果婴孩宇宙的图象是正确的，我们预言这些量的能力将会减弱。这是因为，我们不能观测有多少存在的婴孩宇宙等待着加入到我们的宇宙区域中来。可能存在只包含几个粒

子的婴孩宇宙。这些婴孩宇宙如此之小，我们无法注意到它们的加入和分离。通过加入我们的区域，婴孩宇宙将改变这些量的表观值，象粒子的电荷。因此，我们不可能预言这些量的表观值，因为我们不知道有多少婴孩宇宙在外面等待着。甚至可能会有婴孩宇宙的“人口爆炸”。但这和人类有些不一样，似乎没有我们面临的那些限制因素，如食物和空间。婴孩宇宙存在于它们自己的王国里。这有点象问：多少天使可以在针尖上跳舞？

大多数的量在婴孩宇宙的预言值中似乎都引进来了，其值虽然很小，但却有一定的不确定性。然而它们也许能解释那个很重要的观测值：宇宙常数。这个常数将给出宇宙内在的膨胀或收缩的倾向。一般地说，人们可以期望它很大。然而，我们可以观测宇宙的膨胀在怎样随时间变化，并决定了宇宙常数很小。对于为什么观测到的宇宙常数这样小，迄今还没有好的解释。然而，婴孩宇宙的加入和分离会影响宇宙常数的表观值。因为我们不知道有多少婴孩宇宙，表观的宇宙常数就会有不同的可能值。然而，在零附近的值是最可能的。这是很幸运的，因为只有当宇宙常数的值很小时，宇宙对于我们这样的人类才是适合的。

结论：似乎粒子能掉进黑洞，然后蒸发，并从我们的宇宙区域中消失。这些粒子进入婴孩宇宙，从我们的宇宙中分离出去。这些婴孩宇宙可能从别的什么地方再加入到我们的宇宙中来。它们对空间旅行也许并没有什么好处，但它们的存在意味着，即使我们找到了完全统一的理论，我们能够预言的比我们期望的要少，另一方面，我们也许能够解释某些测量值，如宇宙常数。去年，这已成为很活跃、很令人激动的领域。我正渴望着随它而进。

(敬克兴根据 Stephen W. Hawking 于 1988 年 4 月 5 日在伯克利加州大学的讲演稿翻译)

(上接第 133 页)

- [1] H. Michel, *J. Mol. Biol.*, 158(1982), 567.
[2] J. Miyahara et al., *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res.*, A, 248 (1986), 572.
[3] D. H. Templeton et al., *Acta Cryst.*, A, 42 (1986),

478.
[4] J. Bevk et al., *Appl. Phys. Lett.*, 50(1987), 760.
[5] Saka and Kato, *Acta Cryst. A*, 42(1986), 469.
[6] Epelboin, *Mat. Sci. Eng.*, 73(1985), 1.
[7] G. Bricogne, *Acta Cryst. A*, 40(1984), 410.
[8] H. Fan et al., *Acta Cryst. A*, 41(1985), 280.