



王连璧 敖力布

茫茫宇宙之中，有着无限多形形色色的天体。其中有一类很是奇特，就连严肃的科学著作中也把它说得神乎其神。这类天体被称为黑洞。黑洞到底多么奇特？它是否真的可能存在？人们如何能够感知它的存在？

下面漫谈一下这些问题。

### 奇特的黑洞

根据当今的天体演化理论，黑洞与白矮星、中子星同为恒星演化过程的一个阶段，都是恒星的“归宿”。不过，黑洞内部物质的密度特别大，对它附近物体的引力特别强。无论什么物质，只要一进入黑洞的“势力范围”便受它的吸引而落入它里面，甚至光子也不例外，是一个真正的“无底洞”。另一方面，黑洞内部的无论什么物质、什么信号都传不到外面来。对于人们说来，黑洞实实在在是“一团漆黑”，看不到黑洞内部的一点一滴。这正是黑洞所以被称为黑洞的原因。

虽然不能直接得到黑洞内部的消息，但是科学家们还是可以根据理论进行了许多推测。例如，天体物理学家们认为由恒星坍缩形成的黑洞其质量必须大于三倍太阳质量。因为恒星小于三倍太阳质量时，内部引力不够大，将只可能形成白矮星或中子星，而不会继续坍缩形成黑洞。另外，科学家们推算出，质量为  $M$  的黑洞的半径不会大于史瓦西半径  $R_s$ ， $R_s = 2GM/c^2$ ，其中  $G$  是万有引力常数， $c$  为光在真空中的传播速度。这样不难算出，对于质量为三倍太阳质量的黑洞 ( $M = 5.97 \times 10^{30}$  千克)，其半径不大于 8.85 公里。其内部物质的平均密度不小于  $6 \times 10^{18}$  千克/米<sup>3</sup>，大概是原子核中平均物质密度的近百倍！

### 关于黑洞的形成

质量大过一定限度的恒星有可能演化成黑洞，这是根据广义相对论推出的结果。但是，仅根据一般的

物理常识也可得出黑洞可能形成的推论。

物体之间存在相互吸引的力。力是沿着两物体质

心间的连线的，大小为 
$$F_{引} = \frac{Gm_1m_2}{r^2},$$

其中  $G$  为万有引力常数， $r$  是两物体质心间的距离， $m_1$ 、 $m_2$  分别为两物体的质量。这个力被称为万有引力，是从牛顿时代就清楚了的事实。构成恒星的物质微粒之间也存在着万有引力。显然，如果没有斥力与万有引力对抗，或者斥力小于万有引力，物质微粒将会互相靠近，并且靠近越来越快。恒星的体积将会因上述的靠近而越来越小。这种现象叫做引力坍缩。

光子的静止质量为零，但是光子总是以光速运动，具有一定的能量  $E_{光子}$ 。根据爱因斯坦的相对论理论，质量与能量是联系在一起的， $E = mc^2$ 。所以，以光速  $c$  运动、具有能量  $E_{光子}$  的光子具有质量  $m_{光子} = \frac{E_{光子}}{c^2}$ 。

光子通过引力场时会受到引力的作用而改变运动方向。这就是所谓光线的引力弯曲。

不难想象，光子从引力坍缩至足够小的天体附近通过时，将会受到该天体足够大的吸引力，以至于不能离开该天体继续向前进，而只能围绕该天体旋转或落向该天体。光子围绕天体旋转的情况就象人造地球卫星绕地球旋转一样，这时天体对光子的吸引力  $F_{引}$  恰好等于光子绕天体旋转产生的离心力  $F_{离}$ 。设此时光子距离天体  $R_0$ ，天体质量为  $M$ ，根据普通的力学知识

知道：
$$F_{引} = \frac{GMm_{光子}}{R_0^2} = \frac{GME_{光子}}{R_0^2c^2}.$$

$$F_{离} = \frac{m_{光子}c^2}{R_0} = \frac{E_{光子}}{R_0},$$

两者相等时有 
$$R_0 = \frac{GM}{c^2}.$$

就是说，当天体质量足够大时，天体内部引力也将

足够大，因而能够克服种种斥力而使天体的体积逐渐缩小。当天体的体积缩小到某一极限（半径小于  $R_0 = \frac{GM}{c^2}$ ）后，天体便形成能吸积一切物质（甚至光子也不能例外），不向外发射任何物质（连光子也发射不出来）的黑洞。这与当今宇宙学理论的推论是一致的，差别仅仅在于得到的极限半径  $R_0$  比史瓦西半径  $R_s$  小一个因子 2。

### 关于黑洞的探测

黑洞是一类很奇特的天体，一切东西只能进入黑洞中去，而不可能从黑洞中发射出来，就是光及其他电磁辐射也不例外，那么怎样探测黑洞的存在呢？

虽然黑洞什么也不发射，无法靠探测它的发射物来探测它的存在及其内部信息，但是黑洞具有很大的引力质量，能与别的天体发生引力相互作用，因而人们可以根据黑洞与其他天体的引力作用来探测黑洞的存在。

如果黑洞与其附近的一个可见天体构成双星体系，它们必然相互围绕旋转。人们观察那个可见天体时就会发现可见天体因黑洞的存在而表现出的一些特殊规律。反之，人们根据某些可见天体表现出的特殊规律，就可以推知它附近是否有黑洞存在。

例如，由黑洞构成的双星的可见子星其光谱会因黑洞体星的存在而出现周期性的位移。从观测天体光谱的多普勒效应推断可见子星为双星，继而就可以推断它有一个不可见伴侣，并且可以根据谱线变化推断出可见子星的轨道，从而计算出不可见伴星的质量，再根据其质量断定它是否为黑洞。

另外，作为黑洞伴星的可见天体不断向外抛射物质，抛射出的物质被黑洞吸引，沿着螺旋线落入黑洞。因此，可见星抛射的物质在黑洞附近形成吸积盘。越靠近黑洞，物质运动速度越大，吸积盘中里面与外面的物质运动速度有很大的差异。气体物质间相互摩擦产生大量的热量，使物质的温度升得很高而发射大量 X-射线。故可以从具有大质量不可见伴星的 X 射线双星中找到黑洞。例如天鹅座 X-1 中有一个不可见天体，其质量约为太阳质量的八倍。该天体的特点只有用黑洞才能比较自然地解释清楚，因此很多天文学家认为它是一个黑洞。当然还应该也正在寻找更充分的证据，以便下结论。

如果肯定地发现了黑洞，将会对天文学和物理学发生强烈的影响，并且给天文学和物理学提出许多新问题。例如，一颗能够形成黑洞的冷恒星坍缩至史瓦西半径时，它的密度已经超过了核的物质密度。这时物质中的原子核可能已经早被“压碎”；如果再继续坍缩下去，黑洞中物质的密度将会超过核子的平均物质密度，就是说核子也将被“压碎”。介时黑洞中的物质

是以什么为基元呢？是以层子（夸克）为基元吗？有什么斥力与引力对抗使黑洞停留在某一阶段而不再坍缩下去吗？如果有，是什么力？没有，黑洞将不停顿地坍缩，直达到体积无限小、物质密度无限大、内部压力无限大的所谓“奇点”吗？物理学上是不允许奇点存在的，奇点的推出说明所用的理论有缺陷。理论缺陷在哪里？等等……正因为如此，寻找黑洞、研究黑洞才成了当前物理学家热衷的事业之一。

白洞概念六十年代已经出现。据广义相对论和 CPT 定理，时间是正向流逝，也可以逆向流逝，也就是说时间可以反演。根据时间反演对称性，我们可以对黑洞现象作一个完全相反的解设。

一个极大的星体在自身重力作用下坍缩越过视界进入时空奇点，在时间逆转情况下，这物体应该从时空奇点中往外“涌”出来，并越过视界往外扩张，越来越大，就象宇宙物质的喷火口，大量的物质和能量从哪里“涌跑”出来，这样的天体称为白洞。

科学家们认为白洞可以作为宇宙的“伊始”来研究，至少与黑洞有同等的重要地位。

有人认为塞佛特星系的爆发核可能是白洞，银河系中瞬变 X 射线源可能和作为星际物体的白洞有关。规模最大的不断膨胀着的宇宙本身也可算作从时空奇点喷发出的白洞。黑洞理论的支持者认为宇宙在不断收缩，在高密度的地方首先达到黑洞的临界温度。白洞理论的支持者认为宇宙的演化恰恰相反，它是在膨胀而非收缩，因此它是白洞而不是黑洞。

科学家们对于黑洞、白洞的研究提出了许多有趣的观点，关于黑、白洞的连通结构，在六十年代就有人提出来了。认为通过连通的超空间可以不费时地从宇宙的这边跳到那边，目前的宇宙中白洞和黑洞的存在是并行不悖，是过程的两个端点而已。黑洞奇点是物质末期坍缩的终局，白洞奇点是星系物质的伊始，只不过各过程不是同时的，而是先后交错的。还有人认为：黑洞奇点和白洞奇点的教学性质和物理条件是一样的，只是演变方向不同，二者所辐射的电磁波到达远处的观察者则一个发生“红移”，另一个发生“兰移”，这两种奇点的端点有可能通过超空间的通道相连，物质收缩为黑洞，然后爆发为白洞，好象从这个宇宙的黑洞卷进去，从那个宇宙的白洞涌出来。白洞是黑洞的逆转，它只能在宇宙创始时便存在。宇宙也可能会更对称，可能产生黑洞白洞对。

由上所述，物质不是仅仅以限于向一侧通行的黑洞为归宿，而是构成两方通行的定期循环状态，这样的看法可能更符合宇宙的基本特征，黑洞不是物质的终局，宇宙经黑洞而在白洞再生。可以认为宇宙永远是依一定周期重复着，它的消亡意味着是下一再生期的预备期。