

# 神秘的 黑洞

卢炬甫



在近年来天文学方面的书籍和杂志上，常常可以看到一个很能引起人们好奇心的名词，这就是“黑洞”。在神话和传说中，有许多离奇古怪的事物，那都是人们用想象和借助想象以征服自然力而编造出来的，它们并不是现实之科学的反映。黑洞也是一种“离奇出怪”的东西，但不是编造出来的，而是根据严谨的物理规律预言出来的。今天，黑洞虽然还是个“谜”，但是，关于它的种种理论探讨和观测研究，已经成了天体物理学的一个非常活跃的课题。

## “黑洞”名称的由来

“黑洞”是怎么回事呢？我们知道，要把人造卫星送上绕地球运行的轨道，发射火箭的速度至少要有

$$v_1 = \sqrt{GM/R} = 7.9 \text{ 公里/秒}$$

(式中  $G$  为引力常数， $M$  为地球质量， $R$  为地球半径)。如果小于这个速度，人造卫星就会被地球的引力拉回地面。这个速度通常叫做第一宇宙速度。如果我们进一步要把一只飞船送到火星附近去，就是要使它脱离

地球引力的控制，那么发射火箭的速度必须至少达到

$$v_2 = \sqrt{2GM/R} = 11.2 \text{ 公里/秒}$$

这个速度通常叫做第二宇宙速度，也叫做天体的表面脱离速度。从表面脱离速度的公式中可以看出，一个天体的质量越大，半径越小，要脱离它的引力控制所需要的速度就越大。根据这个道理我们就可以推断，可能存在这样一种天体，它的质量很大而半径很小，以至它的表面脱离速度达到了光速，也就是每秒 30 万公里。那么对于这个天体来说，从它的表面发射的光也要被引力拉住而跑不出来。既然我们看不到这个天体发的光，它就是“黑”的了。再说，无论什么东西一旦被这种天体吸进去，它也就跑不出来，就好象掉进了“无底洞”。这就是“黑洞”这个名称的由来。

## 科学家的预言

早在 1798 年，法国著名的天文学家拉普拉斯就曾预言过这种“黑”的天体的存在。他根据牛顿的引力理论和光微粒说理论推算出，一个密度和体积足够大的天体，通过引力的吸引作用，可将其全部光线捕获回来，从而成为不可见的天体。他写道：“宇宙中最明亮的天体，对我们来说，可能是不可见的”。爱因斯坦的广义相对论建立以后，德国天文学家施瓦茨、美国物理学家奥本海默和施耐德又应用这一理论预言了具有类似特点的“黑”天体的存在。他们计算出来的这种黑天体应满足的条件，在形式上同拉普拉斯推出的完全一样，即这种天体的半径应当是

$$r \leq r_g = 2GM/C^2$$

(式中  $G$  是引力常数， $M$  是天体的质量， $C$  是光速， $r_g$  叫做天体的引力半径)。另外还有一些科学家根据其它近代的引力理论也作出了同样的预言。可见黑洞存在的预言是有不少理论根据的。但是，长期以来，却很少有人认真地去对待它。这是为什么呢？只要看一、两个例子就会明白了。太阳的质量是  $2 \times 10^{33}$  克，要使它变成一个“黑洞”，它的半径就必须从目前的 70 万公里缩小到只有 3 公里左右，而它的密度将从目前的

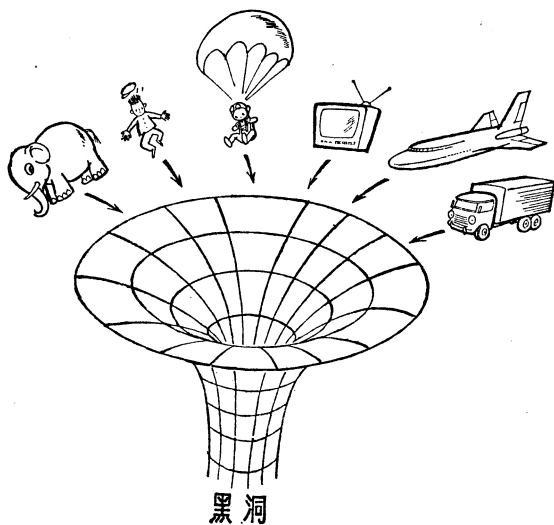


图 1

1.4 克/厘米<sup>3</sup>增大到 10<sup>16</sup> 克/厘米<sup>3</sup>,就是每立方厘米几百亿吨。如果要使地球变成一个“黑洞”,就必须把它的半径压缩到只有几个毫米。从人们的日常经验看来,这种压缩是不可象想的。工厂里最强有力的压缩机也不可能使水的体积缩小十分之一,哪里又有这样强大的压缩机,竟能把庞大的太阳或地球压缩到这样小呢?

### 威力无比的压缩机

然而,根据物理规律所做的理论分析表明,这种威力无比的压缩机在自然界的确是存在的,它不是别的,就是天体自身的引力。

原来,一个天体处于什么状态,主要是决定于两种力之间的斗争。一种是天体自身各部分物质之间的向内的引力,另一种是天体中物质运动产生的向外的压力。如果压力大于引力,天体就会膨胀,如果引力大于压力,天体就会收缩,如果这两种力相等,天体就处于平衡状态。一颗象太阳那样的正常的恒星,是依靠它内部的热核反应所提供的力量来与引力相抗衡的,而当恒星中心的热核反应的材料用完以后,巨大的引力就会使这颗恒星发生坍缩。一般说来,如果恒星原来的质量比较小(不超过太阳质量的 1.3 倍),那么它收缩到一定程度时,它内部电子运动所产生的压力(称为电子简并压)能够抵抗住引力,这时恒星就成为一颗白矮星。如果恒星原来的质量大于 1.3 个太阳质量,它就会进一步收缩,以至将原子核外的电子全都挤到核内与质子结合成为中子,恒星就变成了一颗中子星。中子星是依靠内部的中子简并压力来与引力相抗衡的。但是,如果恒星原来的质量还要大,它就坍缩得还要厉害,以至它的表面脱离速度达到了光速,就形成了黑洞。天体物理学家已经证明,对于质量大于 3.2 个太阳质量的恒星来说,它的引力坍缩的结局最终只能是形成黑洞。可见,日常生活环境给我们造成的成见是不对的。自然界中不但存在着强大的压缩力,而且可以说,任何大质量的天体最终都逃脱不了遭到这样的压缩。中子星的存在也是科学家们早就预言过的,在预言提出后的三十多年中也一直不被人们重视,但终于在 1967 年被证实。中子星的密度可以高达 10<sup>15</sup> 克/厘米<sup>3</sup>,这已经和黑洞应有的密度(10<sup>16</sup> 克/厘米<sup>3</sup>)差不太多了。这就促使人们看到,存在更高密度的天体并不是不可能的。因此,中子星的预言被证实以后,相信

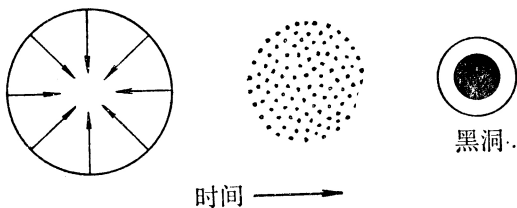


图 2 恒星塌缩成黑洞的过程

有黑洞存在的人就多起来了。

### 怎样寻找黑洞?

寻找黑洞可不是一件容易的事。但是,办法还是有的。黑洞发的光虽然出不来,但它有质量,也可能有电荷,因此就能对外界物质产生引力作用和电磁作用。当外界物质被黑洞吸引而掉到它里面去时,物质会释放引力能而发出 X 射线辐射或者其它的辐射。黑洞的这些性质,启发人们到双星系统中去寻找它们。所谓双星,就是两颗靠得很近的恒星,它们按照万有引力定律,互相绕着转。在一般情况下,成双的两颗星都可以探测到。但

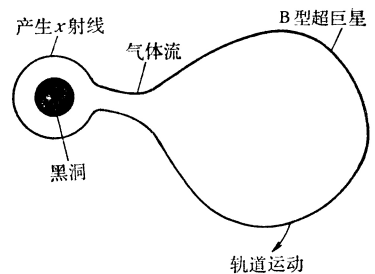


图 3

也有有的只能看到一颗,而另一颗却看不见。如果这颗看不见的伴星质量又很大,超过了一定的限度,那它很可能就是黑洞。如果这两颗星中有一个是黑洞,那么,当另外一颗星上的物质流到黑洞中去的时候,就会产生很强的 X 射线辐射。根据这个道理,天体物理学家们已经发现在一些双星系统中很可能有黑洞存在。这类双星的一个例子是:有一个名叫天鹅座 X-1 号的双星系统,它的两颗星相互靠得很近,其中一颗是看得见的亮星,另一颗星很特别,它的质量大约是太阳质量的 5 倍,但是并不发射可见的光线。1966 年,探测到这颗不可见的星发射很强的 X 射线。天文学家于是对这颗被埋没了的星星“刮目相看”,各式各样的光学望远镜,还有火箭、气球以及人造卫星,都密切注视着这颗星的动态。天文理论家们也对它关怀倍至。后来的观测,证实这一个双星系统看得见的那一颗星是蓝色的超巨星,而那顆看不见的伴星的质量却已经超过了限度,大概就是一个黑洞。因为两颗星靠得很近,相互的吸引很强烈,当那颗蓝色超巨星的气流坠入到和它成对的那个黑洞的时候,有可能变得很热而发射出 X 射线来。美国在去年十一月十三日发射的“高能天文台—2号”卫星,已经拍摄到这颗黑洞的照片,美国发射的“高能天文台—1号”卫星,到去年底为止,已经在天上飞行了十六个月,探测到的发射 X 射线的天体已经达到一千五百个。

### 巨型黑洞和“原生”小黑洞

以上谈的,是质量比太阳大几倍到几十倍,也就是在恒星这一级的黑洞。比恒星级大或小的黑洞,也有存在的可能。有的科学家提出,在密集星团的中心,有可能发生星体之间的碰撞,而形成一种质量非常巨大

的天体,然后经引力塌缩成黑洞.因此,在星团以及星系的中心可能存在有这种巨型黑洞.美国的天文学家最近在一个名叫 M-87 的椭圆星系中发现,在它的核心中可能存在一个巨大质量的黑洞,它的质量是太阳质量的 50 亿倍.有人猜测在银河系的中心也可能有一个质量为太阳的一亿倍的黑洞.据报道,最近在人造卫星上观测了距离我们一万五千光年远的六个星团,其中至少有两个星团,它们的中心区域可能就有黑洞.可以设想,或许星系的存在正是以星系中心存在大黑洞为前提的.

值得指出的是,这些巨型黑洞的质量虽然极大,密度却是很不平常的.一个半径等于引力半径的球状黑洞,其体积等于  $4\pi/3 (2GM/C^2)^3$ ,平均密度等于质量  $M$  被体积除,即等于  $3C^6/32\pi G^3 M^2$ .所以,黑洞的密度是和它的质量的平方成反比的.前面说的  $10^{16}$  克/厘米<sup>3</sup> 的极高密度,是指太阳成为一个球状黑洞时所应具有密度.对于一个质量为太阳质量一万倍的天体,它变成黑洞后,平均密度只有  $2 \times 10^8$  克/厘米<sup>3</sup>.而一个质量为太阳质量一亿倍的黑洞,其平均密度就和水的密度差不多了.

另外,还有人认为,在宇宙开始膨胀的“大爆炸”期间,巨大的爆炸力可将一定数量的物质挤压得极度致密,从而形成所谓“原生”小黑洞.这种黑洞的质量可以小到十万分之一克左右,半径为  $10^{-33}$  厘米.但典型的“原生”黑洞,质量为 10 亿吨,半径为  $10^{-13}$  厘米,只有质子或中子那么大.不过,目前还没有什么有说服力的观察结果可以说明这种小黑洞的存在.

### 黑洞决不是天体演化的终结

一个天体演化成黑洞以后,它的内部似乎就再也没有什么力量可以同愈来愈强的引力相抗衡,因此有些人就认为,这个天体只能无限塌缩下去,最后缩成一个几何上的点,这便是天体演化的最终归宿.事情果真如此吗?1974年,英国物理学家霍金把广义相对论、量子力学和热力学结合起来,研究黑洞周围物质的行为,获得了十分重要的结果.他指出,黑洞内的粒子可以通过所谓“隧道效应”而跑出来,也就是说黑洞会逐渐“蒸发”,而黑洞的温度和热辐射的能量均随其质量的减少而增加.如此进行下去,黑洞的温度增高和质量“蒸发”愈来愈快,最后发生剧烈爆炸.这就说明,黑洞也只是天体演化的一个阶段,决不是天体演化的终结.

目前我们对黑洞本质的了解还很少,黑洞还是个很神秘的东西.因此,需要发展有效的探测手段和在理论上进行深入的研究.让我们用伟大的物理学家法拉第的话来作为本文的结束:“没有什么难以想象的事情是不能存在的,如果它是与自然的规律相一致的话,对于这类事情,实验是这种一致性的最好的检验。”

题头、插图: 吴文渊