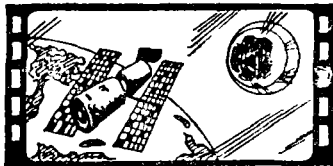


黑洞的“解剖学”

下 魏克 廖萍



体积就变得越来越小，密度则变得越来越高。其引力场变得极为强大，致使其周围的时空结构弯曲得自身折叠了起来。任何东西一旦陷入这样的时空结构，便

犹如落进了一个“无底洞”而不能复出，就连光也不例外。于是人们再也看不见这颗恒星了，剩下的乃是一个绝对“黑”的天体。“黑洞”的名称就是这样来的。

广义相对论的黑洞观

1915年，36岁的爱因斯坦创立了广义相对论。我们不妨说，这种关于时空与引力的崭新理论的精髓乃是：

物质告诉其周围的时空如何弯曲；弯曲的时空则告诉其中的物质如何运动。 这两句话的前一句说的是：在离任何质量(即引力源)都极其遥远的地方，时空是平坦的；但当你趋近一个大质量的物体(即强引力源)时，你就会发现那里的时空曲率在逐渐增大，引力场越强，时空的弯曲也越显著。第二句话说的是：在弯曲的时空中，物体总是沿着有可能遵循的各种路径中的最短者运行，犹如在平坦时空中物体永远沿直线行进一般。

那么，究竟什么是“时空”呢？

试想我们观看一个远达1亿光年(1光年是光在一年之中行经的距离，约 9.5×10^{12} 公里)的星系。我们看见的其实是该星系在1亿年以前的形象。由此可知，我们往太空中窥视得越深邃，也就在时间上回溯得越久远。你不可能把时间的流逝与空间的伸展截然分开，因为它们本来就是一个统一的集合体。这个集合体的名称就叫时空，它是四维的，其中空间占了三维，第四维则是时间。正如可以用尺沿各个方向量度空间的距离那样，也可以用钟来量度沿时间方向上的“距离”。

人们普遍认为，广义相对论乃是人类迄今所建立的有关引力的最精确、最完善、最优美的理论，而牛顿在三百多年前确立的经典理论，则是对引力的一种近似描述。

当然，牛顿的理论也相当精确而优美。例如，在向其他行星发射宇宙飞船或是派遣宇航员登月时，运用牛顿理论来计算飞船的轨道便足够了。由于在太阳和行星附近，或在其他许多恒星附近，引力通常都很微弱，因而时空只是略有弯曲而已。这就是在许多情况下牛顿理论均能奏效，而不必运用较为复杂的广义相对论的原因。

然而，时空确有严重弯曲的可能。这与本世纪中叶天文学家们的下述重大发现有关：一颗质量大于3倍太阳质量的垂死恒星，临终时将不可避免地在自身引力作用下坍缩。没有任何力量能抵挡住巨大的质量在引力作用下从四面八方往里挤压，于是这颗恒星的

史瓦西黑洞的解剖

太阳的引力场比地球引力场强大得多，所以太阳周围的时空要比地球周围的弯曲得更厉害。

要直观地想象四维时空弯曲的情状是异常困难的，但是我们可以采用一些辅助手段以窥其一斑。试想从太阳周围的四维时空中切割出一片二维的曲面(图1)，在远离太阳的地方因引力微弱，故时空平坦；在贴近太阳表面的地方引力最强，所以那儿的时空弯曲得最厉害。

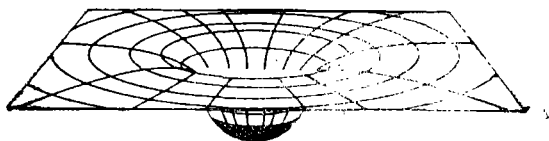


图1 太阳周围的时空弯曲，涂黑的部分代表太阳所在的位置。

来自遥远恒星的光线从太阳表面附近经过时，就随着时空的弯曲而偏离通常的直线路径。于是如图2所示，人们在太阳附近观测到的星象就会稍微偏离它们原有的位置。

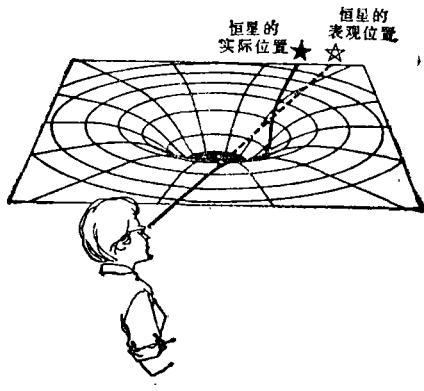


图2 星光在引力场中偏折

太阳的质量还不够大，它是不会变成黑洞的。所以我们来考察一颗质量更大，例如10倍于太阳的恒

星。在引力坍缩之前，其周围的时空仅仅稍有弯曲，所以它发出的光线也只是略有偏折。如图 3a 所示，该星射出的光线此时几乎是沿着直线行进的。

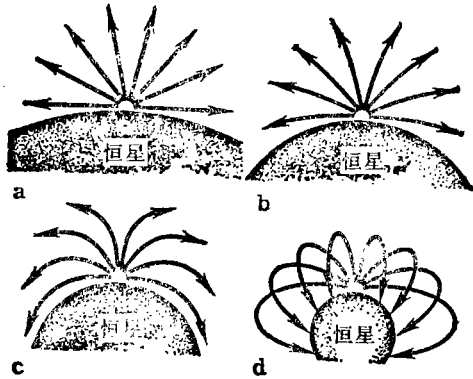


图 3 坍缩恒星射出的光线。a 表示坍缩前，b 和 c 代表坍缩中，d 表示已坍缩成一个黑洞

随着引力坍缩的开始和急速发展，该星的体积剧减而密度剧增，强大的引力场使其周围时空的曲率变

大，光线在强引力场中传播时，其路径会发生弯曲。在坍缩过程中，恒星发出的光线会越来越难以逃逸。当坍缩到一定程度时，光线会被引力场捕获，无法逃逸到外部空间。这就是黑洞形成的基本原理。

在坍缩过程中，恒星内部的物质会经历剧烈的压缩和加热。随着密度的增加，核聚变反应可能会发生，释放出巨大的能量。然而，在黑洞形成的过程中，这些能量最终会被引力场捕获，无法逃逸。

当坍缩到一定程度时，恒星会形成一个奇点，即一个密度无限大、体积无限小的点。这个奇点被一个事件视界包围，事件视界是光线无法逃逸的边界。

在事件视界内部，时空的曲率变得非常大，以至于光线无法逃逸。这就是为什么黑洞被称为“黑”的原因。在事件视界外部，时空的曲率相对较小，光线可以逃逸到外部空间。

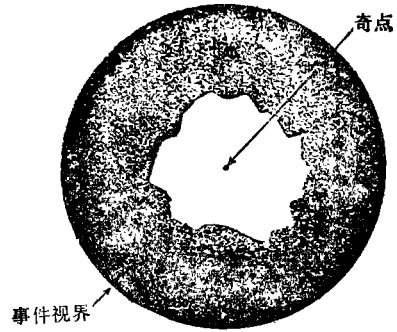


图 4 史瓦西黑洞的结构

场并不强，所以上述两只钟的差异也微乎其微。但是在黑洞附近，这种效应就非常明显。假如有一位宇航员正在向一个黑洞靠拢，那么你就会看到他的钟走得越来越慢，而一旦达到事件视界，他的钟在你看来就仿佛完全停住了。

当然，这位宇航员自己并不能觉察到这一点。这是因为在他那里一切事情的进程都变慢了：他体内的新陈代谢、心脏跳动的节律……当他利用这一组坐标

描述自己的运动时，会发现时间流逝得非常慢。然而，对于远处的观察者来说，时间流逝得非常快。这就是引力时间膨胀效应。在强引力场中，时间流逝得更慢。

在事件视界附近，时间膨胀效应变得无限大。这意味着，对于远处的观察者来说，宇航员的时间似乎完全停住了。然而，对于宇航员来说，时间仍然在正常流逝。

在事件视界内部，时空的曲率变得非常大，以至于光线无法逃逸。这就是为什么黑洞被称为“黑”的原因。在事件视界外部，时空的曲率相对较小，光线可以逃逸到外部空间。

在事件视界内部，时空的曲率变得非常大，以至于光线无法逃逸。这就是为什么黑洞被称为“黑”的原因。在事件视界外部，时空的曲率相对较小，光线可以逃逸到外部空间。

在事件视界内部，时空的曲率变得非常大，以至于光线无法逃逸。这就是为什么黑洞被称为“黑”的原因。在事件视界外部，时空的曲率相对较小，光线可以逃逸到外部空间。

