

黑洞与咸煎饼

最近几年，黑洞可以说是频频刷屏。其中就包括了在 2015 年，因一对约 30 倍太阳质量的黑洞合并而探测到的引力波信号。这两个黑洞不仅仅是在时空里泛起了涟漪，更是在科学界掀起了个大地震。就在探测到引力波的短短两年内，诺贝尔科学委员会就以极其罕有的速度在 2017 年给予诺贝尔物理学奖给这方面的三个先驱。而去年 2019 年，我们和黑洞的那个酷似甜甜圈的首次亲密“照相”更是再一次引爆了朋友圈。都还来不及反应过来，就在这篇稿发表的前夕，黑洞又在今年诺贝尔物理学奖再下一城。（作者注：作者段位太低，并没有诺贝尔奖的任何小道消息。纯属巧合。）

来自星星的你（和黑洞）

黑洞听起来感觉很玄乎，其实简单来说就是星星们的“残骸”。虽然那 2019 年的黑洞照片看起来像个甜甜圈，其实黑洞的生成过程更像是个“咸煎饼”。既然说黑洞是星星们的坟墓，那么要了解黑洞就绕不过我来唠叨一下到底什么是星星了。

宇宙初期原是空无一物。主要成分也就只有氢气和氦气而已。但是由于引力（就是地心引力的引力），这些简单的气体会慢慢聚集起来。这时候如果没有相对应的抗力，万事万物就会因互相吸引而无止境的坍塌。而这个相爱相杀的过程会一直持续到星星的形成。而星星的形成，就是当气体坍塌到了一定的程度时，气体在压缩中被诱发了“核聚变”。

核聚变是一个物理过程。在这个过程中，小的元素会“合并”形成大的元素。就像买了一包棉花糖，我们可以取出多个棉花糖把它们揉成任意的大小。这里重点来了，这个“揉”的过程常常会“掉渣”。而这些星星丢失部分的质量就会转换成能量。这也是爱因斯坦那出名的方程 $E=mc^2$ ，简单的来说，就是星星在揉“氢气”的过程中“卖掉”了一点质量，然后“兑现”了一些新能量。而这新能量也是为什么星星们（比如说太阳）之所以能发光的原因。这能量也同时暂停了的星星自身气体的坍塌。这就像把咸煎饼的面团丢到油里去炸，由于额外的热量，所以咸煎饼会发胖发胀。

当然了，星星能进行核聚变的原料是有限的。当能源耗尽“熄火”后，咸煎饼再也没有能量去抵御引力的诱惑，星星内的气体就会继续坍塌。而这结局有两个。质量较小的星星，本身的一些内在的潜能其实还是可以 hold 得住的，这些星星就成为了所谓的白矮星。白矮星就像是把木材烧完后的灰烬。这些灰烬会在持续很长的一段时间里继续在宇宙中发出微弱的光芒，直到这些余温也慢慢褪去。但是一些质量较大的星星在熄火后是完全 hold 不住的。

在极速的坍塌下这些星星被引爆了。爆炸中星星们挤出了之前通过核聚变生成的元素（大棉花糖），且在这爆炸的高热中也加工生成了其他的元素。这就像咸煎饼在被挤压下，馅料被挤得到处都是。这就包含了我们呼吸的氧和地球组成的主要成分，比如镁 (magnesium)、硅 (silicon) 等等。同时星星的核心则坍塌成了黑洞（有也成了“中子星”，不过这里就不细分了）。星星引爆的结果是一个镜像，往内一面是无底的黑洞深渊，但是往外的一面却促成了一个更绚丽、终于拥有不同元素的宇宙。这些元素一部分后来就形成了地球。肯定的是，你、我和黑洞都是星星的孩子。而我们之所以研究黑洞其实也是在研究我们地球上的元素，乃至我们本身，到底从何而来，而我们将往哪里去。

黑洞的研究和展望

既然黑洞是不外乎星星的残骸，就不难估算在银河系里理应就有上亿个黑洞。那问题来了，那他们都在哪里呢？

黑洞确是在天体物理里一直让人比较一筹莫展的问题。毕竟黑洞被人最熟知的就是它的引力大到连光都逃不出去。既然黑洞本身是不发光的，所以是不可能被直接观测的。虽然这么说，但是侧面研究和印证黑洞的方式还是有的。比如说，黑洞在形成后会依然吸积周围（比如说邻近的星星）的气体。而这些气体在被黑洞“吸魂大法”后会被加热到非常高温，并辐射出 X-射线，而这也是我们研究黑洞的主要途径之一。而通过探测 X-射线，其实在引力波之前，就早已找到了 20 来个黑洞。

这里插个小细节。说了这么多，我们只是聊到了个体星星坍塌成的黑洞，除了这种不到数十个太阳质量的“恒星黑洞”外，每个星系的中心都有所谓的“超大质量黑洞”，比如说我们银河系中心就有个比太阳重 400 万倍的黑洞（其发现就是今年的诺贝尔物理学奖其中两个得主得奖的工作）！与其把这种超大质量黑洞想象成是星星的残骸，其实把每个星系的中心都想象有个大型的“乱葬岗”是比较恰当的比喻（虽然他们的形成还是没有定论的）。2019 年照相拍到的是黑洞“乱葬岗”（约 10 亿倍太阳的质量），而 2015 引力波探测到的是黑洞“残骸”（区区 30 倍太阳质量），不能混为一谈。简单的说 2017 年诺贝尔物理学奖颁给了小黑洞，今年的诺贝尔奖颁给了大黑洞。

比起恒星黑洞，超大质量黑洞是比较好观测的。所以对于他们的研究在这二三十年一直都是如火如荼，但是与之不同的是恒星黑洞的研究才刚刚起步。除了篇头说到的引力波，我们上几期聊到的那个在同时能追踪 10 亿颗星星的 Gaia 探测器，也将产生巨大的作用。虽然黑洞自己不发光，它们往往伴随着一些普通的星星“粉丝”。这有点像是在一个不开灯的探戈舞会里，只要其中一个舞伴是荧光的，即使另一个舞伴一身漆黑，我们也可以通

荧光舞伴的舞步英姿得知另一个人的存在。而伴随着对于引力波的探索和对于银河系大量星星的监控，恒星黑洞的探索，在经过这么多年来人们在工程技术上取得的不断突破，终于拉开了帷幕。估计未来十年还是会不断刷屏。习惯就好。（作者再注：真是说时迟那时快，小伙伴们们的脸书估计又要被今年的诺贝尔物理学奖刷屏了。）

最后要说的是，不说你不知道，一说可能就要吓一跳了。很多天文数据是完全公开的。Gaia 在2022 年也会把那数亿颗星星的具体“舞步”完全对外公开。只要有足够的物理知识，在家也上网也可以找黑洞。

现在又到本专栏固有的闷骚环节。常常别人问我，天体研究有用吗？我确实答不上来，不过我觉得其他事情也其实挺没用的。宇宙形成之初本来空无一物，而结局也亦是如是。在遥远的未来里，当所有的宇宙的能源都被耗尽后，剩下的就无数的黑洞和一些烛火残存的白矮星。而那谁又能定义何为有用呢？也许人类唯一能做就是《三体》的那句“给岁月以文明”吧。

更错：上期中说到普林斯顿的三块大刚板。在印刷的版本里说是 6米乘15 米，实际应为 4米乘25米。对于这完全不科学的错误，作者在此致以万二分的歉意。且已到大刚板前面“壁”思过。