

本期天文视点：写在 2011 年 8 月的头条新闻之后

天文视点

□北京大学科维理天文和天体物理研究所

Richard de Grijs(何锐思) M.B.N.Kouwenhoven(柯文采) / 赵开羿 译



“一生只有一次” ——震撼人心的恒星爆炸

超新星的搜寻者最近几周显得相当活跃。然而,当我们考虑到不断深入地认识恒星的消亡理论背后隐藏的巨大的益处的时候,这种表现也就变得不奇怪了。一方面,超新星是星系中众多最明亮的独立天体中的一员,在星系中超新星的风头有时候甚至盖过了整个星系——因此它们可以在很遥远的距离外被观测到。反过来,这个特点常常使它们被用来当做天文的“标尺”:我们通过这些独特、剧烈的恒星爆炸,巧妙地利用超新星的已知属性来确定它们的距离,这是是非常可靠的方法。比如,天文学家已经发现我们所处的宇宙是在不断的加速膨胀,这表明宇宙

空间中充满了神秘的“暗能量”,这一发现就得益于超新星。

来自美国、英国和以色列的国际科学家团队利用安放在美国加利福尼亚州的帕洛玛山上的装有帕洛玛瞬时仪器(PTF)的自动天文望远镜于 2011 年 8 月底发现了一颗不寻常类型的超新星。超新星有两种类型,它们是由年老的恒星在演化中经历核心爆炸而形成。在一个质量超过 8 倍太阳质量的恒星正常生命周期的最后阶段,它的内部将产生塌缩,称为“内核塌缩”。这类恒星核心的能量停止产生,意味着没有一个能产生压力来平衡引力的机制,因此自然地发生灾难性的塌缩,并形

成一颗中子星或者黑洞的致密的天体。整个过程中伴随着大量存储在恒星内部的能量释放——这种能量我们称为“势能”——因此恒星的外层被加热,然后被猛烈地抛撒出去。

并非所有的恒星最后都会变成超新星。如果恒星本身质量较小,并没有包含太多造成恒星核心塌缩的源物质,这个过程就不会发生。恒星核心不停发生着高能量的热核反应,将恒星内较轻的化学元素变成诸如碳、氧或者氮等重元素。而在恒星核心要点燃这些重元素,只有非常大质量的恒星才能做到,这类恒星内部能达到极高的压力,小质量的恒星不符合这一条件。在恒星消亡前,恒星将会变成“白矮星”,不再通过核聚变产生自己的能量,仅仅是向外部辐射原核心的残余能量。在通

为重要的信息。我们不能预知哪些变星将在未来展示出不同寻常的行为,但我们相信,只要一直观测,一定会有变星表现出这些行为。除了长周期变星之外,还有很多如北冕 R 型变星(RCB stars),矮新星(dwarf novae)及其它激变星(CVs, cataclysmic variables), 伴生星(symbiotic stars), 以及各种年轻天体如金牛座 T(T Tau)等,它们也都会表现出长期行为。

“其次,对于一颗变星,我们对它的每一次观测可能有很大的误差(又称噪声),甚至噪声比信号还要强。但由于噪声是随机的而信号是固定的,只要有足够多的数据,最终信号会占主导(称为噪声原理)。对于具有严格周期的变星,如造父型、天琴座 RR 型等,目前流行的精确测定光变曲线的方法是用测光方法,但是对于没有测光覆盖的变星,使用目视数据也可以测得很准确。如果我们把数据标在星等-相位(phase)图上,就如同把不同周期的数据

叠在一起,这样就会得到很多数据点,进而把噪声降得足够小。

“AAVSO 数据库中保存着很多变星极为悠久而完整的观测资料,上世纪末目视数据量更是快速增加,使得长周期变星光变曲线的精度足以和最精确的测光计相媲美。但 2010 年来,由于观测者积极性降低,目视数据量出现了明显的下降,当年数据量只及最多的 1995 年的 1/3。由于测光数据和目视数据的差异是明显而又原因复杂的,我们目前很难将两者完美地统一起来——这意味着只有目视数据有着悠久的历史,并且,如果我们不能又有效的措施制止这种数据量下降趋势,很多由于我们前辈不懈努力而持续了一百多年的光变曲线将有可能就此中断,或因为数据不够而达不到需要的精度。”

“我们希望在 2011 年能通过为大家提供更好的关于观测目标的指导将这种形势扭转。我们的讨论总结为一句话,那

就是:

如果你是一名目视观测者,请继续你的观测!你正在做的事情非常非常重要!”

因此,对于目视观测者来说,请从那有观测历史的长周期变星开始!它们容易上手,而且你的数据非常有用!反过来,如果是数据很少的变星,那么如果能进行高精度的测光观测,那么将会为研究提供另一方面的资料。

20 世纪以来出现的被仔细观测的新星有 90 颗左右,对它们的观测几乎都是由业余观测者用眼睛进行的(而不是天文台做的测光),正是有了这千百观测者细致而耐心的观测,我们才得以了解新星的很多信息(见 Strope et. al, 2010)。让我们向他们致敬,并向他们学习——每年提供至少 50 个数据,对你来说并不会很难,但它会对天文学家很有帮助!

最后,祝大家观测愉快! 📡

(责任编辑 李鉴)



图 1: 超新星 PTF 11kly 的图像。拍摄于 2011 年 8 月 24 日星期三,使用的是拉斯维加斯天文台的全球网络天文望远镜。感谢: 贝宁 富尔顿, LOCGT

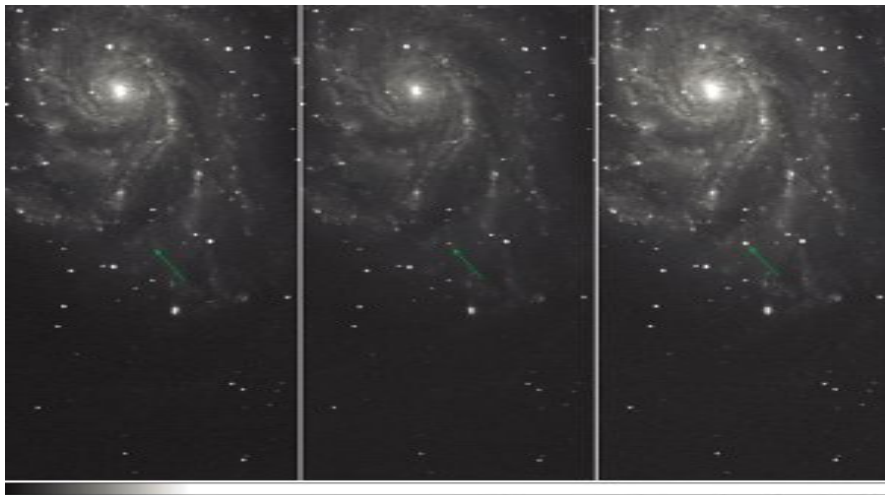


图 2: 这几幅图像显示的是 Ia 型超新星 PTF 11kly, 在头三天最早拍摄到的图像。左图拍摄于 8 月 22 日, 显示的是在超新星爆发前, 比人类肉眼可观测到的亮度要暗弱 1 百万倍。中间这张图像拍摄于 8 月 23 日, 显示超新星比人类肉眼可观测到的亮度要暗弱 1 万倍。右图拍摄于 8 月 24 日, 显示该事件比前一天要明亮 6 倍。感谢: 彼得 纽金特 / 实验室 和帕洛玛天文台

常情况下, 白矮星将会安静地死亡, 慢慢变得黯淡, 直到它们完全消亡。

然而, 很多恒星都拥有同伴。在很多情况下, 白矮星都有着多个“正常”的类太阳伴星, 由以色列专家主持的一个研究组本月在著名的《科学》(Science)杂志上作

出了上述推断。重力的吸引有可能导致“伴星”恒星的表面物质转移到白矮星上, 白矮星将慢慢获得越来越多的物质。然而, 物质的增加将导致更强大的引力, 一旦白矮星的质量上升到比我们太阳质量还要大 40% 时, 它将无法对抗引力塌缩。塌缩会令

温度升高, 这又反过来启动它核心的碳和氧发生进一步的热核反应。最终结果就是——核爆炸! 想想吧, 一个像太阳这么大的质量的物体发生核爆炸, 这就是我们所见到的超新星爆发。

事实证明, 热核爆炸发生的强度是很容易预测的。这意味着, 我们可以使用这样的超新星观测在距离尺度上连接它们(在超新星出现的星系中)。这种类型的超新星, 是“Ia 型”, 是我们已知的在宇宙中最大的距离尺度上拥有的最好和最可靠的距离示踪天体。可惜的是, 虽然我们已知的知识认为这个近似是可行的, 但是我们不知道其中的真正原因! 这种导致热核爆炸的物理机制和过程, 我们知之甚少。

因此, 在风车星系(梅西叶 101)附近, 距离约 210 万光年处, 新发现一颗的这种类型的超新星, 在 9 月引起天文学家和新闻媒体的极大兴趣。这个神秘的天体, 被称为“PTF 11kly”, 是最近 40 年来发现的离我们最近的超新星, 它在爆炸后仅仅几个小时就被发现, 科学家预计它的亮度将会迅猛增加, 然后才再次黯淡下去。果然, 发现团队报告该超新星与最初第一天的观测相比, 增亮了 20 倍。这一发现引发了世界各大望远镜对它的观测热潮, 研究组甚至还很幸运地申请到了哈勃空间望远镜进行观测。

搜寻处于爆发初期的超新星, 使我们能获得直接观测爆炸星外层的难得机会, 这有助于了解是何种恒星处于爆发事件的中心。如果我们较早地找到它, 把它与恒星爆炸相结合考虑, 就可以发现在恒星爆炸过程中未燃尽的部分! 反过来, 这将提供急需的新线索来解决困扰了科学届 70 年来的超新星起源难题。

在天文学上有所发现实在是一个运气问题, 虽然这个特殊的例子也清楚地强调了设置一个专门的观测、快速计算能力和快速反应的国际科学合作者的重要性。科学, 特别是天文学, 是一项需要国际共同努力的研究活动, 它超越了国界和政治因素。只有通过国际间的合作和与同事分享我们的研究成果, 这样才能取得显著的进展, 并获得里程碑式的发现。这个例子也表明我们并不需要利用世界上最大的望远镜来获得令人激动的发现: 事实上发现 PTF 11kly 的望远镜的主镜直径仅仅是 1.2 米!

视点2 超新星还是恒星的自相吞噬?

超新星的爆炸往往造成几倍太阳质量的黑洞形成。这种物体就是我们通常称为恒星质量的黑洞。然而,还有另一种的黑洞,即“超大质量”黑洞。这种黑洞的质量高达太阳的上百万倍,并且存在于星系的中心。对于我们自身所处的银河系,也存在这样的情况,在银河系的核心处拥有一个 400 万倍太阳质量的黑洞。

黑洞拥有神秘的属性,那就是任何东西都不可能从黑洞中逃出,即使是光也不行!由于可见光和其他形式的辐射(例如射电波和 X 射线)也无法逃逸出去,我们无法直接看到黑洞。因此,很难找到黑洞。不过,现在也有几种方法来间接探测黑洞。一种研究黑洞的方法是寻找落入黑洞的物质。在这些大气粒子进入黑洞之前,粒子达到了非常大的速度,频繁地与周围的粒子相互碰撞。粒子间的不断碰撞导致了强烈的 X 射线辐射,这种 X 射线辐射可以通过空间望远镜进行观测(这种辐射产生于黑洞之外,因此仍然可以逃逸到星际空间中并且被我们的望远镜所探测到)。

另一种探测方式依赖于研究黑洞附近的恒星的运动。这些恒星能够感受到黑洞强大的引力,从而使自身的轨道发生改

变。当我们看到一个恒星的运动路径发生改变,我们就可以推断,这颗恒星的附近必然存在具有强大引力场的天体。如果我们没有发现任何产生这种吸引力的来源的物体,那么它很可能就是一个黑洞。通过观察星系中心和中心附近的恒星运动,有可能确定黑洞中心的位置和质量。

通常情况下,恒星只有在它感受到黑洞引力的条件下才会改变它的既有轨道。然而,当一颗恒星游荡地过于接近黑洞的时候,非常有趣的事情也可能发生。在这种情况下,恒星有可能被黑洞捕获,不能顺利地逃逸,而且恒星最终将被黑洞所吞噬掉。

与我们所期望的不一样,一个黑洞不会把恒星整个一起消耗掉。相反,黑洞首先会将恒星完全摧毁,随后消耗掉形成该恒星的大气。这是由于黑洞的潮汐力所造成的。想象一下在黑洞附近的恒星,恒星上更接近黑洞的一侧的物质所受到的黑洞的吸引力要远大于恒星上离黑洞较远的物质所受到的吸引力。在恒星上的两侧物质所受到的吸引力的差异被称为潮汐力。这种力同样是地球上的海洋起潮落的原因,虽然在地球上,海洋的水位是受

到了月球较小的牵引作用而发生变化。但是,在黑洞存在的情况下,潮汐力可以变得非常巨大。如果恒星足够接近,潮汐力的力量可以大到将恒星完全撕裂成碎片。

恒星很少能够接近黑洞到能够被撕开的程度,但是这偶尔也会发生。这种事件最近就被探测到了。2011 年 8 月 28 日,SWIFT(“雨燕”)空间望远镜项目就发现了一次突发的 X 射线辐射爆发,该辐射来自与天龙座的方向。这次事件被命名为“雨燕 J1644+57”,最初认为是一个大质量的爆炸,比如超新星爆发或者是伽马射线暴。(伽马射线暴是宇宙自大爆炸以来最为剧烈的爆炸现象。)

被摧毁的恒星和随后被加速吸积到黑洞的恒星大气是非常活跃的,在远距离外也可以看到。在恒星被撕裂之后,死亡恒星的大气将会沿着黑洞的吸积盘围绕着黑洞旋转几周,直到最终落入黑洞之中。当恒星大气绕黑洞旋转时,温度将会提升到百万摄氏度以上,从而开始产生 X 射线辐射。这种 X 射线辐射被“雨燕”空间望远镜所探测到。

吸积到黑洞的物质通常伴随着两种高速逃逸地物质组成的喷流。大多数吸积盘上的物质最终将落入黑洞之中,但是极小部分也会通过喷流的方式逃逸出去,这种喷流是垂直于吸积盘方向的。在这种喷流中很少有物质存在,但是它运动的速度

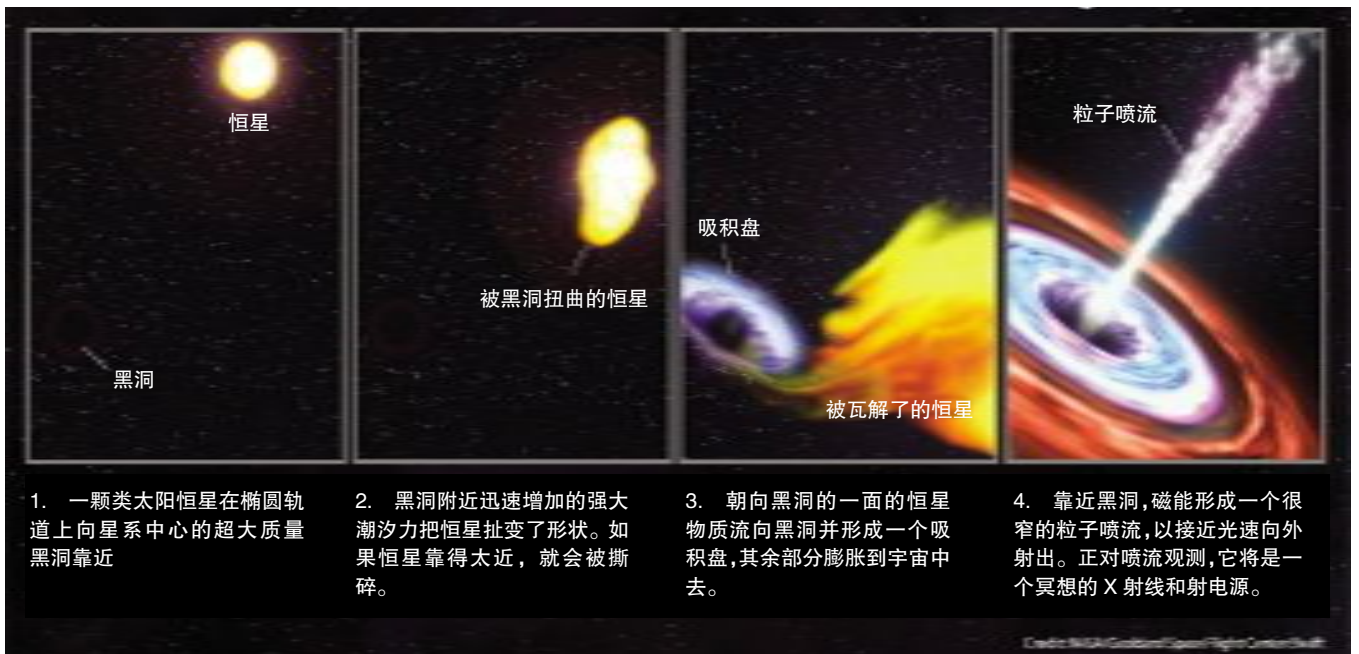


图 3:这幅连续插图,科学家认为可能是 swift J1644+57 的形成步骤。感谢:NASA/ 戈达德太空飞行中心/“雨燕”项目组



图 4:通过雨燕 X 射线望远镜的观测表明,Swift J1644+57 来自于 39 亿光年外的一个暗弱的星系。通过甚长基线阵(VLA)的望远镜我们用射电观测证实了这一点。这个源仍然以超过一半光速的速度在向外扩张。感谢:NRAO/CfA/Zauderer 等人。

非常高,可以达到光速的一半以上。当喷流中的粒子与星际空间的粒子相互作用时,其相互作用的结果就会以强辐射的射电波形式显示出来。

这些射电波可以通过地球上的射电望远镜探测到。在“swift J1644+57”事件中,在 X 射线爆发后的 3 天,射电波段也出现了强烈的爆发。射电发射区正在以大约一半光速的速度向外扩大。通过时间上略有延迟的跟踪研究射电发射区的运动,研究者发现射电喷流和 X 射线暴是同时形成的。这样就排除了由于超新星爆发或者伽马射线暴导致这次事件发生的可能。这次的爆发,反而更可能是由于恒星太过于接近超大质量的黑洞而造成的。

观测是现代天体物理学的重要工具。观测往往超出了经典的可见光观测范畴。通过结合从射电波段到 X 射线的不同波段的观测,有可能揭示宇宙的奥秘。通过仔细地研究天空,甚至有可能发现罕见的事件,包括神秘的天体,例如黑洞。天体物理学并不仅仅是观测天空,更重要的是,能够解释我们所能看到的和看不到事件。☞

(责任编辑 李鉴)

关于作者



Richard de Grijs

Richard de Grijs(何锐思),2009 年 9 月起担任北京大学科维理天文与天体物理研究所(KIAA)的全职教授。他在 1992 年和 1997 年在荷兰的格罗宁根大学获得分别获得天体物理学的本科和博士学位,随后参加了在弗吉尼亚州立大学(美国,3 年)和剑桥大学(英国,3 年)的博士后研究工作。在 2003 年谢菲尔德大学(英国)获得他人生中的第一个固定位置,在那段时间他经过一系列的快速晋级,从讲师晋升为高级讲师和学者(相当于副教授)。他是《天体物理学》杂志(《Astrophysics》,天体物理学领域国际领先的杂志)的一名科学编辑,同时还是上海天文台(中国)和庆熙大学(韩国)的访问学者以及谢菲尔德大学(英国)的“荣誉学者”。他的研究集中于星团物理范围,包括星团中恒星的组成、动力学和与主星系之间的关系。他最近完成了在天文学里研究生层次教科书中关于确定天体距离的方法和物理意义。

M.B.N.(Thijs)Kouwenhoven(柯文采),自 2009 年中以来在北京大学科维理天文研究所担任 Bairen 研究教授。他出生在荷兰,并顺利地莱顿大学(2002 年)取得了本科学位,随后在阿姆斯特丹大学(2006 年)取得了天体物理学博士学位。2006 年到 2009 年间,他曾在谢菲尔德大学(英国)担任助理研究员,此后他接受了北京大学提供的工作机会。在 2009 年他被授予了由国际天文学联合会提供的著名的“彼得和帕特里夏格鲁伯”奖学金。柯文采的研究主要集中于星团、双星和多星系统以及行星系统的形成和演化等方面。



M.B.N.Kouwenhoven