

经过对 HAPI-1 望远镜多次试飞、改进后,于 1984 年 5 月 23 日在河北省香河县发放的高空气球上进行了观测。吊篮被体积为 5 万立方米的气球带到 33 公里的高空。然后,我们首先用主动扫描跟踪的方法控制望远镜的指向,使蟹状星云从望远镜的观测孔径中扫过,在确信已接收到来自蟹状星云的硬 X 射线辐射后,进行了近 100 分钟的向源观测。整个飞行持续了近 8 个小时,共获得有用数据近百万个。

对观测所获得的数据进行初步分析后的结果表明,在绝大部分观测时间内数据的质量是好的,获得了完整的大气硬 X 射线背景计数率随高度变化的曲线,得到对蟹状星云主动扫描时计数率随指向角变化的曲线。对于事例到达时间,我们按蟹状星云的方位,做了地球自转和公转效应的修正,把相对于吊篮的实验室系中的测量值修正到相对太阳质心系的到达时间,继而在脉冲星 PSR0531+21 的已知周期值附近按不同周期值做了一系列时间折迭,在预期的周期上获得了位相结构。图 2 所示是蟹状星云位于上中天前后 56 分钟向源观测数据的一个折迭结果,周期值 33.29790ms,双峰位相间隔 0.4,和从国外大型射电望远镜观测结果^[1]的推算值 ($p=33.29801$ ms) 在 0.0001 ms 范围内符合得很好。

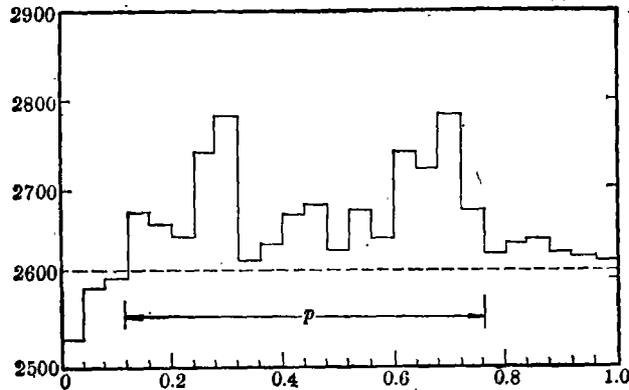


图2. PSR0531脉冲位相结构图(总观测时间 $T=3,552.8$ 秒)。

参 考 文 献

- [1] Manchester, R. H. and Taylor, J. H., *A. J.*, 86 (1981), 1953.

中国科学院高能物理所高能天体物理组

A Hard X-ray Observation of Crab Nebula and Pulsar PSR0531+21

High Energy Astrophysics Group, Institute of High Energy Physics, Academia Sinica

I 型超新星起源于白矮星

一种超新星起源理论

超新星爆发是宇宙间一种巨大的高能现象,历来都是天体物理学的重要课题。最近 J. Isern, J. Labay 和 R. Canal 提出了一种新的超新星起源理论^[1]。他们认为: I 型超新星和小质量的双 X 射线源(亦称 I 型 X 射线源)都是由密近双星系统中的吸积白矮星的崩散形成的。

I 型超新星具有高度的测光及分光相似性^[2],放射衰变模型成功地说明了它们的光变曲线^{[3], [4]}。每次爆发将合成 0.2—1.0 M_{\odot} 的 ^{56}Ni ,确切值由哈勃常数的取值决定,当 $H_0 \sim 100 \text{ km} \cdot \text{Mpc}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,合成质量最小,并且爆发后留下残骸^[5]。

虽然 I 型超新星的光变曲线非常相似,但这些爆发之间还是有某种程度的变化:“慢”超新星峰值光度高,抛射物质速度快,光变曲线下降慢,而“快”超新星则相反。Arnett^[6]的解析模型可以很好地解释这些特征,但遇到了白矮星中心爆燃的难题,不能留下残骸^[7],可以采用不同的爆发机制(He 燃烧, He—C 燃烧等等),但预言都与观测不符,大都没有中等质量元素抛射。

为了解决这个问题, J. Isern 等人考虑了冷却了的碳-氧白矮星中的凝聚效应^[8]:在相变过程中碳氧分离,氧落到中心区,碳逃往外层。其结果或者是电子进入中心区的氧核而引起坍缩或者是外层的碳燃烧。由于缺乏液-固相变的详细数值模拟,他们考虑了另一种情况——固相渗透^[9]:被氧离子晶格包围着的碳离子自由能较低,假如氦燃烧完时碳的丰度略低于氧,则会发生 $^{12}\text{C}+^{16}\text{O}$ 反应而不是 $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ 反应。中心密度达到 $\rho_c \sim 10^{10} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 时,将会中心点火并导致崩散。由于在固体中燃烧以传导的方式传播,到了液层则变为对流方式。例如,一个半径为 $5 \times 10^7 \text{cm}$ 的固体芯(约为恒星半径的一半),燃烧锋面传导到边缘需要 500 秒,而对流只需 1 秒(激波传播仅用 0.1 秒)。即使碳的丰度比氧高而且没有分离机制导致凝聚,仍然能够保证局部崩散,因为把电子屏蔽效应的最新改正值考虑进去以后, $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ 的中心点火密度仅为 $\rho_c \sim 3.5 \times 10^9 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。甚至在相当低的点火密度下,电子进入处于核子统计平衡状态的物质核内,也能够快地转移压力并引起坍缩: $\tau_e = Y_e / \dot{Y}_e \lesssim 5$ 秒, Y_e 是电子摩尔数。当燃烧锋面到达流体层时将变为对流传递锋面并且加速。

他们完成了一组计算:一个有总质量十分之一,由等量的碳和氧组成的固体芯的白矮星中心点火($\rho_c \sim 3 \times 10^9 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$),在保持流体静力学平衡的固体芯中,燃烧以 $2 \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度传播。当燃烧锋面到达固-液过渡区时,处于固体芯和质量约 $1M_\odot$ 的液层之间的物质立即被焚化,随后便是流体动力学过程^[10]。

他们的模型不但能解释“快”和“慢”的 I 型超新星,而且同时可以解释 I 型 X 射线源(球状星团源,银河核球源, Sco X-1 型源和 X 射线爆),因为它们都是由一个中子星和一个小质量的伴星($M \lesssim 1M_\odot$)组成的双星系统。银河核球源的分布与 M31 中新星分布那样符合^[11]表明:处于灾变变星状态的白矮星的崩散最可能是它们的形成机制^[12]。

当然,他们的工作还是初步的,例如把核子统计平衡外推到高密度物质;电子摩尔数取值偏低;从静力学到动力学的变迁,燃烧在固体中及流体中的传播都处理得过于简单。尽管如此,他们的工作还是相当出色的。因为这种理论表明,液体层被抛射并且固-液过渡层圈定了一个残骸的质量下限。当燃烧锋面到达平静的液层时,将会出现外层引爆,液层崩裂四散,固体芯被留下来。由于碳燃烧层的爆聚仅仅决定于恒星内部的凝聚,因此决定抛射物质总量的是一个单一的参数——固体芯的大小。而固体芯的大小取决于质量交换前的冷却时间与吸积过程中加热效应的互相作用,因此,在不同情况下将会出现不同程度的爆发,留下各种质量的残骸:温和的或非爆炸性的崩散(包括无抛射)形成 X 射线源,剧烈地爆发(包括全部瓦解)便是“快”和“慢”的 I 型超新星。这是以前的模型都无法做到的。

参 考 文 献

- [1] Isern, J., Labay, J. and Canal, R., *Nature*, 309 (1984), 431.
- [2] Branch, D. et al., *Ap. J. Lett.*, 252 (1982), L61.
- [3] Arnett, W. D., *Ap. J.*, 240 (1980), 105.
- [4] Colgate, S. A. et al., *Ap. J. Lett.*, 237 (1980), L81.
- [5] Wheeler, J. C., *Nature*, 302 (1983), 209.
- [6] Arnett, W. D., in *Supernovae: A Survey of Current Research*, 221, ed. by M. J. Rees et al., Reidel, Dordrecht, (1982).
- [7] Wheeler, J. C., in *Supernovae: A Survey of Current Research*, 167, ed. by M. J. Rees et al., Reidel, Dordrecht, (1982).
- [8] Canal, R. et al., *Nature*, 296 (1982), 225.
- [9] Schatzman, E., *Cataclysmic Variable and Related Objects*, IAU Collq., No. 72, p.149, (1983).

-
- [10] Colgate, S. A. et al., *Ap. J.*, 143 (1966), 626.
[11] Vader, J. P. et al., *A. Ap.*, 113 (1982), 328.
[12] van den Heuvel, E. P. J., *Space Sci. Rev.*, 30 (1981), 623.

(刘继英)

Type I Supernova May Be Originated from White Dwarfs

—one of theories about the origin of SN

(Liu Jiying)