

我的天文巡天生涯之亮红新星

□ 孙国佑

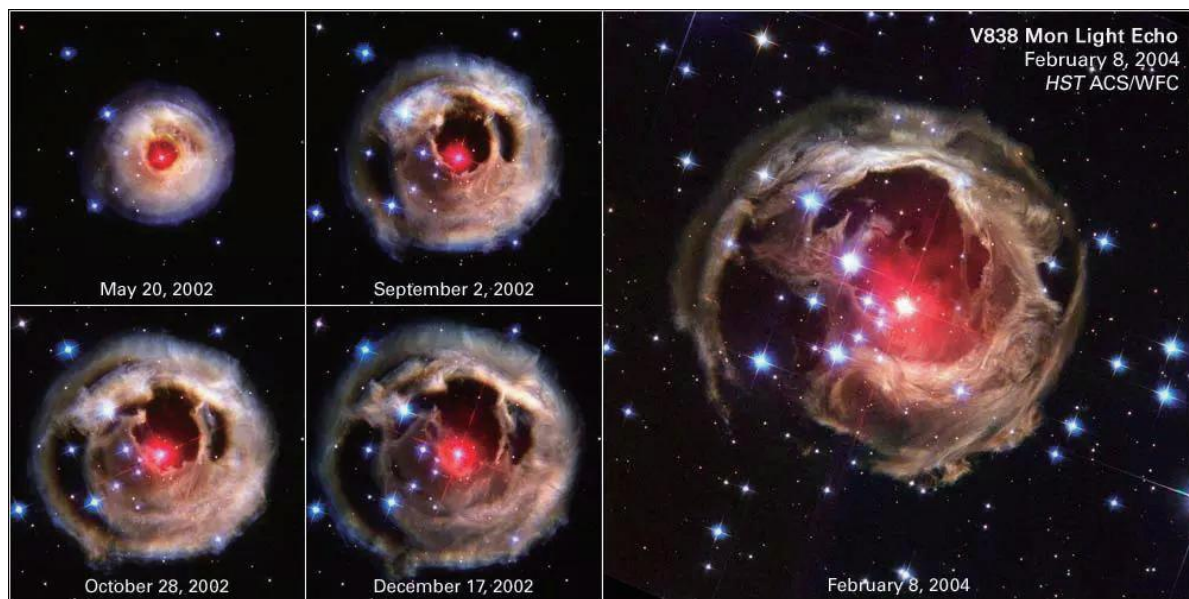
◆ 什么是亮红新星？

长期以来，恒星并合一直被认为在恒星系统的演化中发挥着重要作用。在年轻星团的致密核心中，原恒星的多次并合被认为是形成大质量恒星的一种方式。某些双星系统，特别是相接双星，据推测会以恒星并合的方式终结它们的生命周期。在过去的数十年里，天文学家们已经多次观测到恒星并合引发的爆发现象，这些现象的亮度峰值略低于Ia型超新星，但高于经典新星，成为除了超新星之外最强烈的恒星灾变事件。这些神秘的爆发源在光谱上主要呈现红色，与经典新星的光谱截然不同。

2002年，麒麟座V838的爆发最初被天文学家误判为一次超新星爆发事件，其亮度在几周内如期下降。然而，令人意外的是，麒麟座V838在不到一个月的时间内再次爆发并随后变暗。在随后的几个月里，麒麟座V838又经历了几次亮度的增亮与变暗，其最亮时的亮度竟然达到了太阳的数百万倍，一度成为银河系中最亮

的恒星。麒麟座V838爆发后留下的遗迹也发生了极快的变化，一大片气体和尘埃迅速向外扩张。哈勃太空望远镜通过连续几年的观测，捕捉到了这一惊人的过程。在天文学的时间尺度上，能够在如此短的时间内见证如此显著的变化实属罕见。关于麒麟座V838的成因，天文学家提出了众多理论，其中之一认为它可能是由两颗主序星（一颗质量为8倍太阳质量的主序星和一颗质量为0.3倍太阳质量的主序前星）并合爆炸所致。但由于缺乏关键数据，这一理论尚未得到证实。

直到2006年，天文学家才首次确认了一次明确的双星并合事件。利克天文台（Lick Observatory）超新星搜寻项目在距地球6000万光年的M85星系中发现了M85 OT2006-1的爆发，加州大学伯克利分校（UCB）和加州理工学院（Caltech）的天文学家随后进行了详尽的分析，发现这次爆发来源于两个低质量双星的并合，不同于之前已知的新星爆发。然而，由于爆发前的监测信息不足，我们对于并合之前的双星系统知



麒麟座V838在爆发后演化图景，由哈勃望远镜拍摄。

之甚少。天文学家们根据观测所得，为双星并合所形成的新星赋予了一个名字luminous red novae, 简称LRNe, 中文名亮红新星。亮红新星是一类罕见的恒星爆发现象，它们的光变曲线呈现双峰特征，光谱迅速演化，从早期类似SN IIn的光谱特征转变为晚期类似M型恒星的光谱。这些特性使得亮红新星成为研究恒星演化和动力学的宝贵资源。

◆ 我的亮红新星发现

北京时间2008年9月3日的凌晨时分，星明天文台银河系内新星搜寻项目（Nova Search Program, NSP）正忙碌地进行着对银河系的巡天观测。在这个星光璀璨的夜晚，我作为该项目其中一员，有幸投身到这场探索宇宙奥秘的漫漫征途中。在处理巡天数据期间，一个明亮的新亮点意外地映入我的眼帘。这个亮点在以往的观测记录中从未出现过，这让我感到既惊讶又兴奋。为了验证这个发现的真实性，我立即开始了仔细的对比工作，将这个新亮点与历史观测图像进行了详尽的对照。经过一番细致的辨认和查证，我确信这并非已知的天体，而是一个新爆发的瞬变天体。这颗新发现的瞬变天体位于天蝎座，亮度大约为10等，其特征与银河系新星的表现在很大程度上相吻合。

这一发现立刻点燃了我的激情与兴奋，我与星明天文台的负责人高兴老师迅速将这一可能的新星候选体上报至国际天文权威机构。不久之后，我们的发现得到了确认，中央天文电报局（CBAT）和美国变星观测者协会（AAVSO）对外发布了这一发现。这次发现



星明天文台位于新疆乌鲁木齐市南郊甘沟乡小峰梁，是国内唯一从事巡天的业余天文台。星明天文台银河系新星搜寻项目（Nova Search Program, NSP），主要对银河天区进行巡天观测，用于搜索银河系新星，同时也进行大视场新天体搜索和变星观测研究。NSP项目设备为GPD+IDER GOTOSTAR+CANON 350D+135/2.0Lens，图源：星明天文台



Alert Notice 383: Nova Scorpii 2008

September 6, 2008

Event: Nova in Scorpius

Discovered By: K. Nishiyama (Kurume, Fukuoka-ken, Japan) and F. Kabashima (Miyagi-cho, Sagan, Japan); Y. Sakurai (Ibaraki-ken, Japan); and Suzuyo Sun (Qufu, Shandong, China) and Xing Gao (Jiangsu, Xinjiang, China)

Discovery Date: 2008 September 02.4594 UTC (JD 2454711.9594)

Discovery Magnitude: m = 9.5 (unfiltered)

Position: RA = 17h 57m 32.93s, Dec = -30d 43m 10.1s (from Nishiyama and Kabashima)

Charlie Finner checks for this object may be plotted by entering the coordinates above into VSP: <http://www.aavso.org/vsp>. The sequence was prepared by M. Mowl.

Notes: This object was announced as a nova in IAU Circular 8972 (Series III E. Green, editor). This is a classical nova, as determined by its reddening spectra by M. Fujii (Ibaraki, Okayama, Japan) and K. Nishiyama (Kurume, Fukuoka-ken, Japan) on Sept. 3.49 and Sept. 5.47 respectively. This object has been given the formal variable star designation "V1309 Sco". Please see IAU Circular 8972 for complete details on discovery and confirmation.

The following observations have been submitted to the AAVSO since the issuance of AAVSO Special Notice #124 (2008 September 03): JD 2454713.4187, m(viz) = 9.3 (A. Anagnostou, Potosopolis, Brazil); 2454713.5184, m(viz) = 8.0 (L. Shuter, Unsworth, WA, United States); 2454714.0205, m(unfiltered) = 8.7 (R. J. Southam, Bright, Victoria, Australia); 2454714.54187, m(viz) = 8.2 (L. Shuter); 2454714.95097, m(unfiltered) = 8.0 (R. J. Kaufman); 2454715.5590, m(viz) = 8.4 (G. Baltes, Cochabamba, Bolivia); and 2454715.94028, m(unfiltered) = 8.0 (R. J. Kaufman).

Thanks to all observers who have submitted observations that far. Continued observations are strongly encouraged throughout this nova outburst. Please submit data to the AAVSO using the name "V1309 Sco", or the AAVSO "000-BFT-412". The VSO designation "VSOX J175732.9-304310" may also be used.

Congratulations to the discoverer!

Clear skies, and good observing.

Matthew Templeton

AAVSO

AAVSO第383号公告Alert Notice 383: Nova Scorpii 2008

是由三个业余天文学家小组共同完成的，除了我和高兴老师外，还有日本的业余天文学家西山浩一、梶岛富士夫以及樱井幸夫。这颗新星被正式命名为V1309 Scorpii，也被称作Nova Scorpii 2008，中文名为天蝎座V1309。它的精确坐标为赤经（RA）17时57分32.93秒，赤纬（DEC）-30度43分10.1秒，其爆发后的极大亮度达到了7.9等。

◆ 天蝎座V1309的相关研究

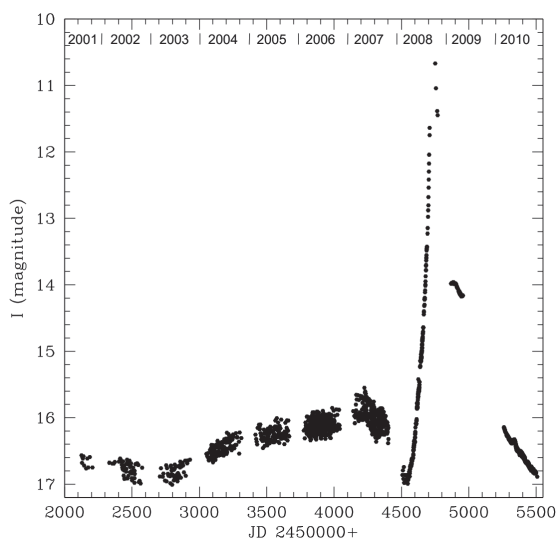
天蝎座V1309的爆发起初被误认为微引力透镜事件，随后日本一个天文台获得了其低分辨率光谱，天蝎座V1309光谱呈光滑连续谱，有一些吸收线，并有强烈的巴尔默发射线，这暗示天蝎座V1309可能是一颗古典新星，也叫经典新星。然而，随着时间的推移，这一发现逐渐淡出了公众视野。

直到欧洲南方天文台（ESO）的埃琳娜·梅森（Elena Mason）及其团队注意到了天蝎座V1309，她所在的小组在进行一项分析经典新星的重金属吸收模式的研究，通过对该天体在爆发及早期衰落阶段的光谱进行深入分析，他们未能发现经典新星特有的蓝色连续谱，从而排除了天蝎座V1309作为经典新星的可能性。最终在2010年他们发表了一篇论文，提出天蝎座V1309不同于普通的经典新星以及共生的再发新星，它展现出和所谓的、但仍存在争议的亮红新星所具有的特征，然而天蝎座V1309的起源仍不明确。

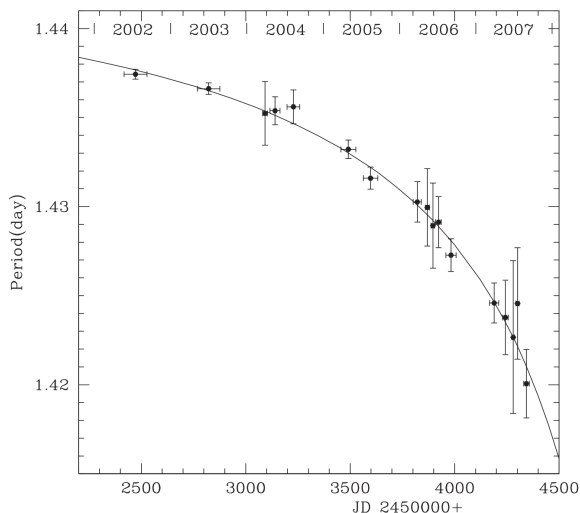
与此同时，波兰科学院哥白尼天文中心（NCAC）的罗穆亚尔德·泰伦达（Romuald Tylenda）和他的同事们对这颗疑似亮红新星表现出浓厚的兴趣。他们的理论模型曾支持麒麟座V838可能是由恒星并合产生的，而天蝎座V1309的发现为他们提供了一个珍贵的研究案例。幸运的是，天蝎座V1309位于光学

引力透镜实验（OGLE）望远镜的观测范围内，该项目由波兰华沙大学（University of Warsaw）的天文学家于2001年正式启动，初衷是对大面积天区进行监测，以寻找亮度发生变化的瞬变源，并期望发现引力透镜现象，从而检验一些最初被认为可能构成暗物质的天体。该望远镜获得了天蝎座V1309爆发前直至爆发后的、长时间范围的大量观测数据。

通过分析这些数据，该团队确认天蝎座V1309的前身是一颗轨道周期约为1.4天的相接双星，它正在迅速失去其轨道角动量。这颗恒星的亮度在2001年至2007



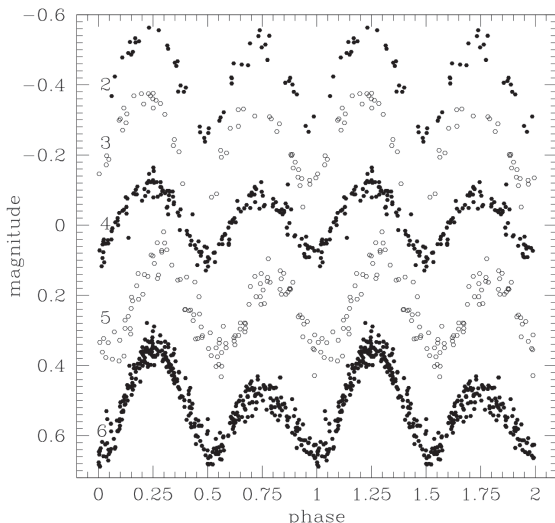
OGLE获得的天蝎座V1309从2001年到2010年I波段光变曲线。x轴显示时间，y轴显示亮度。
图源：R. Tylenda et al.



左：天蝎座V1309周期演变图。X轴为时间，Y轴为天蝎座V1309的光变周期（以天为单位）。右：2002-2006年天蝎座V1309的光变曲线（从上到下）。X轴为相位，Y轴为亮度（不同年份的光变曲线相互抵消）。

年间逐渐增强，在2008年爆发前略有下降。并在2008年爆发后，亮度增加了10等，即亮度增长至原先的一万倍。此外，泰伦达的研究团队还发现天蝎座V1309前身星的周期在不断缩短，并且在爆发前呈指数下降，这表明相接双星在不断地靠近，最终会相撞并爆发成一颗亮红新星，这一发现首次直接证明了相接双星可以通过并合结束其演化。

该团队随后发表的论文确定了天蝎座V1309作为一个亮红新星系统的性质，即一个由双星并合产生的“亮红新星”系统。这项重要研究不仅揭示了双星并合形成亮红新星的机制，还提供了有关该双星系统在并合之前演化的重要信息。此外，它也为科学家理解双星并合形成亮红新星的机制提供了新的视角，并为预测其他相接双星的未来并合事件开辟了新的道路。例如美国加尔文学院（Calvin College）的拉里·莫尔纳（Larry Molnar）曾做过一项研究，他认为位于天鹅座的相接双星KIC 9832227很有可能是正在并合的双星系统。KIC 9832227距离地球约1843光年，其中A星质量是太阳的1.395倍，半径为太阳的1.581倍；B星质量是太阳的0.318倍，半径为太阳的0.830倍。两星的轨道半长轴为太阳半径的2.992倍。莫尔纳团队分析了该系统从1999年至2014年的数据，发现其周期持续递减，且递减趋势与天蝎座V1309爆发前的周期变化规律非常相似。随后，他们利用进一步的观测数据做出推断，并认为该系统将在2021年9月至2022年9月间发生并合。这一事件曾在互联网上广泛传播，但遗憾的是他们的预言并未实现。2018年圣



图源：R. Tylenda et al.

地亚哥州立大学 (SDSU) 的研究生昆汀·苏雪 (Quentin J. Socia) 及其研究团队在仔细研究了莫尔纳的预测之后, 发现了莫尔纳团队论文中存在关键错误。随后, 他们在《天体物理学快报》(ApJL) 上发表了一项新研究, 推翻了莫尔纳团队的结论。

搜寻相接双星并合候选体对研究双星并合和亮红新星起源具有十分重要的科学意义, 这也成为了天文学家迫切的希望。我所在的星明天文台和山东大学李凯教授有着长期的合作关系, 李凯教授一直致力于寻找潜在相接双星并合候选体, 李教授及团队曾在《天文学报》(AJ) 发表过一篇论文《十颗极端小质量比相接双星的首次测光和光谱研究》, 这项研究表明李教授团队新发现的这十个系统目前都是稳定的, 但多个目标已接近并合的边缘, 同时它们都处于相接双星演化的晚期, 成为相接双星并合候选体, 这一研究成果为深入探究相接双星并合条件和亮红新星起源提供了重要线索和契机。相信在不久的将来, 我们仍然有机会, 可以亲眼见证相接双星并合的壮丽景观。

◆ 天蝎座V1309的意义

天蝎座V1309的观测数据为天文学界带来了突破性进展, 它不仅解开了长久以来困扰科学家的狐狸座CK

在1670至1672年间神秘爆发的谜团, 而且也为麒麟座V838的起源提供了坚实的证据, 支持了该天体是由两颗恒星并合引起的假说。这些发现极大地丰富了我们对于恒星诞生和演化过程的认知。

在璀璨的银河系中, 亮红新星这类罕见的天体现象极为珍贵。迄今为止, 仅确认了五颗亮红新星候选体, 包括1994年发现的人马座V4332、2002年的麒麟座V838、2013年的OGLE-2002-BLG-360, 以及1670年爆发的狐狸座CK。而天蝎座V1309的发现, 更是在这一领域中占据了举足轻重的地位。作为全球唯一一例确认的相接双星并合事件, 天蝎座V1309对于理解亮红新星的起源具有不可估量的价值。它不仅揭示了恒星并合事件的内在机制和演化过程, 而且为未来的恒星及双星系统演化研究指引了方向。天蝎座V1309的研究成果, 被誉为恒星领域的“罗塞塔石碑”, 象征着对恒星并合事件理解的重大突破。

天蝎座V1309的特殊地位和作用, 使得对它的观测和研究显得尤为重要。科学家们需要继续对这一独特的天体进行细致的监测, 深入挖掘其隐藏的宇宙秘密。通过对天蝎座V1309的持续研究, 我们有望在未来获得更多关于恒星生命终结和物质循环的深刻见解, 进一步拓展我们对宇宙的认知边界。随着天文学技术的不断进步, 我们有理由相信, 未来将有更多的亮红新星被发现, 而天蝎座V1309将继续作为这一领域的灯塔, 照亮我们对恒星演化的理解之路。

◆ 结语

作为天蝎座V1309的发现者之一, 我深感荣耀与自豪。这个重要的发现不仅是我个人十八年巡天生涯中最为重要的成果之一, 也为人类理解研究恒星的形成和演化做出了微薄的贡献。在这个浩瀚无垠、神秘莫测的宇宙中, 我们每一个人都拥有无尽的潜能和无限的可能性。无论是在科学研究的道路上, 还是在生活中, 只要我们敢于追求知识、勇于探索未知领域, 就能够创造出属于自己的奇迹。我真切的希望, 我的这段经历能够激发更多人对于天文学的热爱, 鼓励他们加入到这个探索宇宙奥秘的伟大事业中来。在这个充满挑战与机遇的时代, 我们应该勇敢地面对未知、追求真理, 为人类的科学进步贡献更多的力量。唯有如此, 我们才能更深刻地理解宇宙的奥秘, 更清晰地认识到我们自身存在的意义。让我们携手并进, 向着未知的世界扬帆起航, 为天文学的蓬勃发展贡献出自己的一份力量。■

(责任编辑 郑 硕)

2024.07 • 63

狐狸座CK星云。

图源: Gemini Observatory

