

我的天文巡天生涯

之超新星

□ 孙国佑

一、什么是超新星？

超新星，堪称宇宙中最为壮丽恢弘的天文现象之一。其亮度会在极短时间内急剧攀升，那耀眼光芒甚至能与整个星系的光度相匹敌，并且这种高亮度状态可能会持续数周乃至数月之久，随后才逐渐趋于衰减。在这一期间，一颗超新星所释放出的辐射能量，与太阳在其漫长一生里辐射能量的总和相当。然而，尽管被称作“超新星”，但它们并非新诞生的恒星，而是处于恒星演化晚期阶段的产物。

超新星的英文名称为“supernova”。其中，“nova”在拉丁语里的含义是“新”，这意味着从地球上观测，它在天球上宛如一颗新出现的明亮星辰。而前缀“super-”，则是为了把超新星与普通的新星加以区分，同时也表明超新星拥有更高的亮度。“超新星”这一名称，是由沃尔特·巴德和弗里茨·兹威基于1931年提出的。

按照形成机制的差异，超新星主要可分为两大类：核坍缩型超新星和热核爆炸型超新星。

◎ **核坍缩型超新星**：源于大质量恒星的演化进程。当恒星内部的核燃料消耗殆尽，其核心便会开始急速坍缩，进而释放出巨大的能量，致使恒星的外层物质被剧烈抛射出去，最终形成超新星爆发。在这个过程中，恒星的核心有可能坍缩成为中子星或者黑洞。此类超新星爆发的光度极高，能量释放极为巨大。

◎ **热核爆炸型超新星**：通常是双星系统中的白矮星通过吸积伴星物质，质量达到1.44倍太阳质量，也就是达到了所谓的钱德拉塞卡极限，此时白矮星的辐射压无法抗衡电子简并压力，从而引发剧烈的爆炸，形成超新星爆发。

依据光谱中是否存在氢谱线，还能够将超新星划分为 I 型和 II 型。其中，Ia 型超新星极为特殊，因为

它们的峰值绝对星等可以被标准化，所以在宇宙学研究中能够被当作标准烛光，用于精准的距离测量。萨尔·波尔马特、布莱恩·施密特以及亚当·里斯，正是通过对遥远的 Ia 型超新星进行观测，发现了宇宙正在加速膨胀这一重要现象，并因此共同荣获了 2011 年的诺贝尔物理学奖。

二、如何发现超新星？

超新星爆发时，如同一座宇宙中的超级灯塔瞬间点亮，其光芒穿透浩瀚星际空间，然而，这些壮观的天文现象却大多发生在距离我们极其遥远的星系之中。宇宙的浩瀚无垠使得距离成为了一道难以逾越的屏障，由于距离过于遥远，绝大部分超新星抵达地球的光线已极其微弱，微弱到以至于人眼根本无法直接察觉到它们的存在。

为了能够发现超新星，天文学家们需要付出巨大的努力，采用一种极为繁琐却又行之有效的方法——重复监视天空中的大量星系。具体而言，就是借助专业的天文观测设备，对选定的众多星系进行持续不断的观测，并将每次拍摄到的星系图片完整地记录下来。然后，通过技术手段，细致地比对不同时期所拍摄的星系图片之间的变化。例如在下方的图片展示中，左侧呈现的是过去某个时间点拍摄的照片，我们将其称之为历史图。这张照片记录了当时星系的状态，每一个光点、每一处细节都被永久地定格在了那一刻。而右侧则是近期新拍摄的照片，即新图。将这两张图片进行认真仔细的对比时，就会发现在新图中，出现了一个新的亮点，这个新出现的亮点，就是我们需要重点关注的对象。经过科学家的认证，图1中新出现的亮点，就是一颗超新星。超新星发现过程虽然看似简单，实则充满了挑战，需要天文学家及业余天文学家们具备极高的耐心和专业素养。



左为历史图，右为新图（中心亮点为超新星SN 2021agco）

图片来源：星明天文台

2.1 传统目视观测的局限

在探寻超新星的诸多方法中，目视观测乃是一种传统且基础的手段。天文学家及业余天文学家们依靠自身的肉眼，借助望远镜等设备直接对天空中的星系予以观察，试图寻觅那些骤然出现的异常亮点。然而，此种方式不但效率偏低，而且受到人类生理条件的极大制约，难以长时间维持高度集中的注意力，亦难以觉察到某些较为微弱的超新星信号。随着科技进步，传统的目视观测逐渐被淘汰。

2.2 现代技术手段的变革

现代天文学主要依赖专业天文相机结合望远镜进行观测。CCD 传感器就像一个极为敏锐的宇宙光线捕捉器，凭借其超高灵敏度成为专业领域核心设备。它不仅能捕捉微弱光线，配合冷却技术还可大幅减少干扰信号，这对发现暗弱天体至关重要。数字化革新彻底改变了传统观测方式，所有天文图像都可转化为精确数字信号存储分析，自动巡天系统能同时对成百上千的星系持续监测。通过计算机自动比对历史图片与最新图片，可即时发现亮度突变等异常现象，效率远超传统人工观测。专业机构利用这些自动化系统，能在短时间内扫描广阔天区，显著提升超新星发现的概率。

2.3 业余爱好者观测模式及展望

在过去，业余天文观测几乎完全依赖于目视搜索。随着 CCD 和 CMOS 等光电传感技术的普及，这

一领域发生了革命性转变。观测设备的平民化显著降低了超新星巡天的参与门槛，使业余爱好者得以突破传统目视观测的局限，以前所未有的便捷性和效率投身于瞬变天体搜寻事业。业余爱好者寻找超新星，当前主流观测模式仍以人工比对历史图片与最新图片为主。这种手动核查方式相当耗时，不过 AI 技术已带来变革曙光。尽管当下使用自动化程序和 AI 技术进行天文图像分析的业余观测者占比较少，但这无疑是未来发展趋势。可以预见，在不久的将来，业余天文爱好者有望如同专业天文机构一样，便捷运用自动化程序和 AI 识别技术，大幅提升发现新天体的效率与精度，以前所未有的深度和广度参与宇宙探索，与专业研究者携手，共同揭开宇宙的神秘面纱。

三、我的超新星搜寻发现

在2010年10月3日的深夜，万籁俱寂，而这一时刻却注定要成为我天文巡天生涯的重要时刻。我静静地坐在电脑前，全神贯注地分析着从星明天文台1望远镜源源不断传来的海量数据，仿佛在浩瀚宇宙的信息海洋里探寻珍贵的宝藏。就在这时，一个异常的亮点，如同黑暗夜空中突然绽放的神秘烟火，在NGC 5430星系中闪耀，亮度为17.2星等。它就像一个不速之客，闯入了我的视线。我赶忙在过往的历史图片里以及DSS星图中仔细搜寻它的踪迹，然而，一无所获。就在这一瞬间，我的心跳陡然加速，直觉如同一道划破夜空的灵光，刹那间乍现，清晰地告诉我，这极有可能是

一颗超新星，是宇宙给予我的一份意外而又珍贵的馈赠。

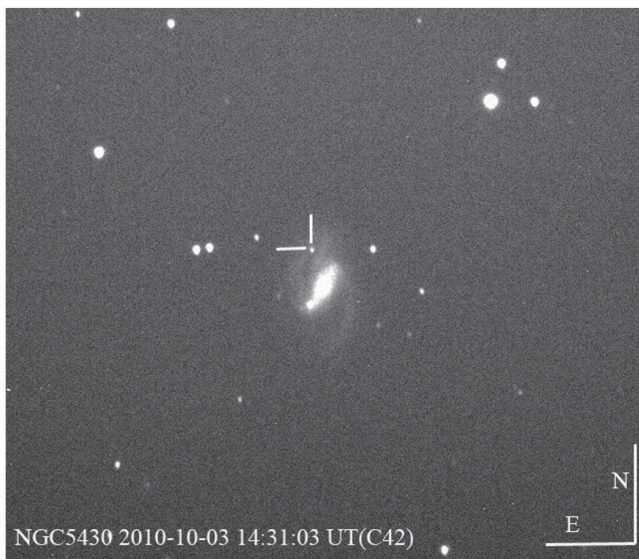
我仔细测量各种参数并严谨比对，不放过任何一个细微之处。每一次的确认，都像是在黑暗中点亮了一盏明灯，让我们愈发坚信，眼前所看到的，正是一颗熠熠生辉的超新星。怀揣着这份激动与笃定，我迫不及待地这一重大发现，火速上报给了国际天文学联合会天文电报中央局（CBAT）。此后，便是漫长而煎熬的等待。终于，在1个月后，美国帕洛马山天文台给出了权威认定，并发表了ATel 3088公报，正式认证这是一颗Ic型超新星。那一刻，我成功发现了人生中的首颗超新星，这不仅是我在天文学领域迈出的关键一步，更是具有非凡意义的一刻——它填补了中国大陆地区天文爱好者在超新星发现领域的空白，并为国内的业余天文探索树立了一个重要的里程碑！发现第一颗超新星的宝贵经历，让我对超新星巡天的热情愈发高涨。在随后的岁月里，我持之以恒地学习，努力提升数据分析的能力，满心期待着能够发现更多的超新星。

2015年，一个全新的机遇降临，星明天文台与中国虚拟天文台携手合作，共同创建了公众超新星搜寻项目（Popular Supernova Project, PSP）²。这个项目的成立标志着中国业余天文学界在超新星探索领域迈

出了重要的一步，它不仅极大地推动了公众参与科学研究的热情，也为更多人打开了一扇通往宇宙深处的大门。有幸的是，我被委以重任，担任该项目的管理员。这一角色让我有机会更深入地参与到超新星的搜寻工作中，并为其他爱好者提供指导和支持。PSP公众超新星搜寻项目的成功不仅仅体现在专业和资深的天文爱好者身上，更在于它打破了年龄和经验的限制，让任何人都可以成为天文发现的一部分。一个典型例子是2015年，时年10岁的合肥市安庆路第三小学五年级学生廖家铭，成为了PSP项目首位公众发现者，他通过该项目先后发现两颗超新星及一颗河外新星，系全球范围内超新星最年少的发现者之一。他的发现不仅证明了即使是普通人也能对天文学做出重要贡献，同时也激发了无数年轻人对宇宙的好奇心和探索欲。这进一步说明了PSP项目作为一个平台，能够鼓励和帮助普通人参与到前沿的科学探索中来。

从此，我的超新星巡天之旅迈入了一个崭新的阶段。截至当前，我已发现58颗超新星，涵盖十几种不

注：PSP 公众超新星搜寻项目，目前已累计发现超新星、河外新星、变星等候选体 203 颗，其中 37 颗超新星、30 颗河外新星、1 颗活动星系核获得证认，另有 108 颗其他各类变星被收录。



左为DSS数字化巡天拍摄历史图片，右为星明天文台拍摄的NGC 5430星系的超新星。

图片来源：The STScI Digitized Sky Survey (DSS) /星明天文台

注：星明天文台位于新疆乌鲁木齐南山天文站，是国内唯一从事巡天的业余天文台。自2010年起，星明天文台便开始了系统的超新星搜寻工作，并配备了多台不同口径的天文望远镜以支持其观测需求。截至当前，星明天文台已累计发现118颗超新星、4颗彗星、24颗小行星、69颗新星、1颗亮红新星，以及上千颗其他各类型新天体。其中，近2年的超新星的年发现数稳居全球前五。

同的类型。其中最为特殊的一例是 SN 2021agco，这是一颗极为罕见的 Ib 型极度剥离超新星，不仅是该类型已知的第三个观测实例，更是迄今距离地球最近的极度剥离超新星。还有 SLSN-I 型超亮超新星 SN 2025al，超亮超新星本身就非常罕见，另外它的红移高达 0.43，这说明它距离我们有 54 亿光年之远。每一颗超新星的发现，都凝结着我对宇宙的深深痴迷与无限热爱。每一次探索的艰辛、每一夜观测的坚守，都化作征程上的坚实足印，见证着我不断前行的轨迹。

四、超新星的第一缕光：SN 2023ixf

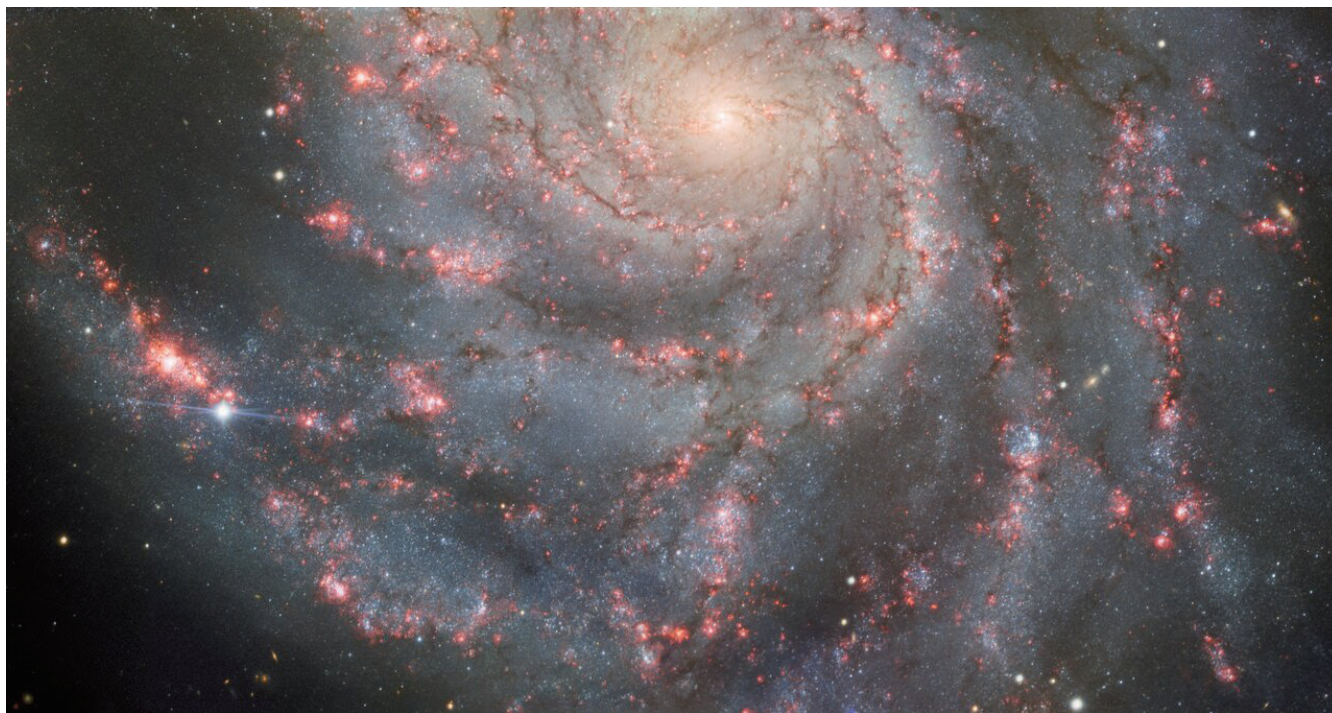
在我的超新星巡天生涯中，最令我振奋的经历，莫过于主导了超新星 SN 2023ixf 的早期数据采集，并与全国天文爱好者共同捕捉到这颗 II 型超新星爆发的“第一缕光”。这束来自 2200 万光年外风车星系 M101 的初始光变信号，成为近十年来人类获取的最邻近超新星爆发的关键数据。

M101 是与地球距离较近的大型河外星系之一，亮度较高、视面积较大，是许多天文爱好者经常拍摄的热门深空天体之一。因此，在得知 SN 2023ixf 爆发的消息后，我想起阿根廷天文爱好者 Victor Buso 在 2018 年

注：SN 2023ixf 是一颗在距离地球约 2200 万光年的 M101 风车星系中爆发的 II 型超新星。它由日本业余天文学家板垣公一首先发现，因其是近十年来发现的距地球最近的超新星之一而引发广泛关注。

使用业余级望远镜获得的 Ib 型超新星 SN 2016gkg 的关键早期数据，相关研究发表在《自然》(Nature) 杂志上。受 Victor Buso 事迹的启发，我第一时间动员了星明天文台的多位骨干成员，以星明天文台的名义向全国范围内的天文爱好者发出呼吁，寻求他们手中的观测数据。在广大爱好者的热情响应下，我们迅速从全国各地收集到大量早期数据。整合这些数据以及星明天文台自身积累的数据后，我们团队展开初步分析，从中成功挖掘出这颗超新星爆发的极早期数据。紧接着，星明团队在暂现源名称服务网 (TNS) 提交了天文简报 (AstroNote 2023 - 130)，将这颗超新星的爆发时间初步限定在北京时间 2023 年 5 月 19 日 3 时 30 分至 4 时 30 分之间。

通过这次组织和协调工作，我们成功找到了极早期的爆发数据，这些珍贵的数据为我们深入研究 SN 2023ixf 提供了坚实的基础。在得到各位同好许可后，星明团队把数据转交给清华大学物理系王晓锋教授所带领的清华时域天文研究组，目的是让他们进一步深入探究。值得关注的是，基于我们提供的早期数据，王晓锋教授团队联合国内外多个观测机构的数据，开展了系统性的分析研究。2023 年 12 月 14 日，相关研究成果以《从一颗周围充满尘埃的红超巨星爆发出的激波闪光》为题，在《自然》(Nature) 期刊正式发表。作为重要数据贡献者，我有幸与团队其他成员一起成为该论文的共同作者。



左侧最亮的蓝白色天体就是 SN 2023ixf。

图片来源：International Gemini Observatory/NOIRLab/NSF/AURA

A shock flash breaking out of a dusty red supergiant

[Gaici Li](#), [Maokai Hu](#), [Wenxiong Li](#), [Yi Yang](#), [Xiaofeng Wang](#) , [Shengyu Yan](#), [Lei Hu](#), [Jujia Zhang](#), [Yiming Mao](#), [Henrik Riise](#), [Xing Gao](#), [Tianrui Sun](#), [Jialian Liu](#), [Dingrong Xiong](#), [Lifan Wang](#), [Jun Mo](#), [Abdusamatjan Iskandar](#), [Gaobo Xi](#), [Danfeng Xiang](#), [Lingzhi Wang](#), [Guoyou Sun](#), [Keming Zhang](#), [Jian Chen](#), [Weili Lin](#), ... [Eliot Herman](#) + Show authors

[Nature](#) **627**, 754–758 (2024) | [Cite this article](#)

4235 Accesses | **59** Altmetric | [Metrics](#)

Nature论文截图

此项研究意义重大，正如论文一作李盖茨、李天雄老师在天文爱好者杂志的一篇文章中提到的“此项研究显著推进了人们对大质量恒星晚期演化和死亡这一宇宙中普遍而神秘景象的认知，也展现了天文爱好者数据潜在的科学价值”。在天文学领域，此次成果可视为一项具有重要意义的研究成果。它不仅彰显了大家对宇宙奥秘不懈探索的精神，也表明众多天文爱好者共同的努力，能够在科学探索的道路上留下深刻的印记。在无数次艰难的探索以及挑灯夜战的过程中，积累的经验 and 付出的努力，共同铸就了这一成果，推动着天文学研究不断向前发展。

这种专业与业余合作（Pro-Am）模式的成功，展示了公众参与科学探索的巨大潜力。它不仅促进了科学研究的进步，也为更多的天文爱好者提供了展示才华的机会。未来，我希望看到更多这样的合作，让更多的人参与到揭开宇宙神秘面纱的伟大事业中来。通过这次科学研究，我们不仅见证了科学与公众合作的力量，也为未来的天文探索树立了一个重要的里程碑。希望更多的天文爱好者能够加入到这个伟大的事业中来，共同揭示宇宙的奥秘。

五、结语

超新星的研究在天文学领域中占据着极为重要的

地位，而业余天文爱好者的身影正日益成为这一领域中不可或缺的力量。从技术革新到合作模式的创新，我们见证了超新星搜寻工作的不断进步与发展。尽管如此，我们也必须认识到宇宙的奥秘无穷无尽，目前对超新星的了解只是冰山一角。未来，我们有理由期待，更多未知将被揭晓，而这一过程不仅需要专业领域的深耕，更离不开业余爱好者的热忱参与，他们注入的新鲜活力，必将成为推动研究的重要助力。

作为探索者，每一颗超新星的发现都凝结着我对宇宙的深深痴迷与无限热爱。那些紧盯屏幕前海量图片的日日夜夜，那些数据分析中反复推敲的时刻，早已化作探索之路上的坚实足印，见证着我对宇宙真理的执着追寻。我深知，浩瀚星空之下，人类的探索永无止境，但怀揣这份赤子之心，我始终在璀璨星空中砥砺前行。如今，技术的进步让我们拥有更广阔的观测视野，而业余与专业的携手，更让探索的边界不断拓展。期待在未来的征程中，不仅有震撼的新发现持续涌现，更有无数怀揣热忱的同行者共同揭开超新星的神秘面纱，让宇宙的壮美画卷在一代又一代人的智慧传承与不懈探索中缓缓展开，为人类洞察宇宙本质、揭示万物奥秘奠定不可动摇的基石。■

（责任编辑 李时雨）