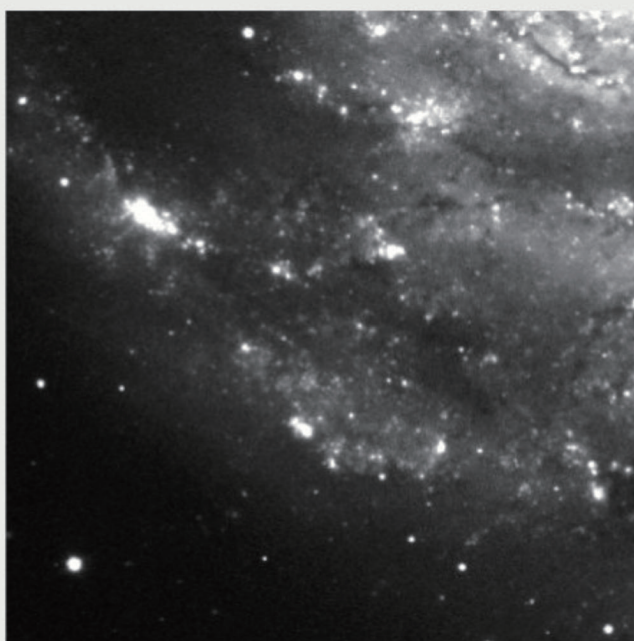


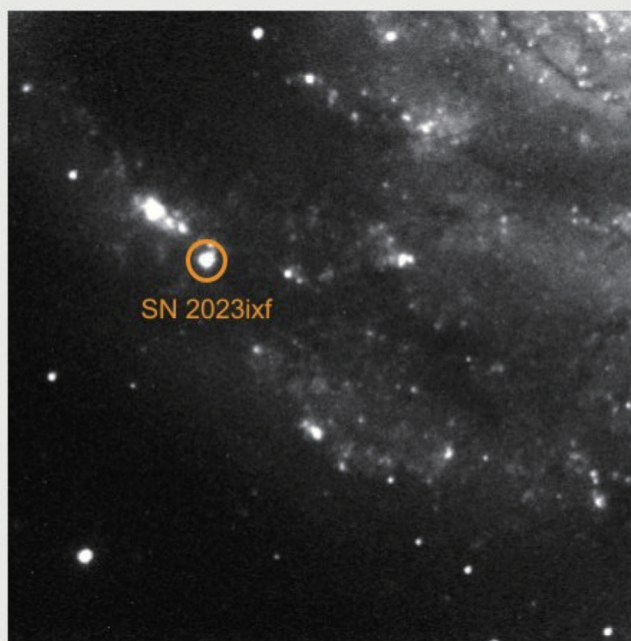
“风车”东南客星出

——天文爱好者提供SN 2023ixf爆发极早期重要数据

□ 赵经远 周文杰



SN 2023ixf爆发前后图像。



图片来源：ZTF

2023年5月20日凌晨1时27分许（除特别说明外，本文均为北京时间），日本天文爱好者板垣公一在M101风车星系东南部发现一颗超新星候选体，亮度为14.9星等。5个小时后，位于西班牙拉帕尔马岛的利物浦望远镜对该目标进行了光谱观测，确认这是一颗II型超新星，处于爆发后非常早期的阶段。此后，世界各地的天文学家和天文爱好者纷纷响应，中国天文爱好者也没有缺席，为相关研究提供了非常丰富的极早期数据。

◆ 背景：风车星系、板垣公一和SN 2023ixf

1781年3月27日，法国天文学家皮埃尔·梅香在大熊座方向发现了一个彗星状天体，随后法国天文学家查尔斯·梅西叶将其收入自己的星表，编号为M101，受限于当时的科技水平，人们认为它只是位于银河系内的一个星云。一百年后，爱尔兰天文学家第三代罗斯伯爵威廉·帕森斯使用1.8米望远镜首次注意到它的旋涡状结构，并为其绘制了素描。今天，我们知道M101是一个正面朝向我们的旋涡星系，直径约17万光年，距离地球约2100万光年，远在银河系的范围之外，因其旋涡状的外形酷似风车，故又



M101：威廉·帕森斯绘制的素描（上图），哈勃空间望远镜与地基望远镜合成的图像（下图）

M101 星系中的 5 颗超新星

制表：赵经远

编号	发现日期(UTC)	发现者	类型	赤道坐标 (J2000.0)	有记录的最亮 视星等
SN 1909A	1909 年 1 月	马克斯·沃尔夫 (Max Wolf)	超新星	14h02m03.10s +54° 27'58.0"	12.1
SN 1951H	1951 年 9 月	米尔顿·赫马森 (Milton Humason)	超新星	14h03m55.30s +54° 21'41.0"	17.5
SN 1970G	1970 年 7 月 30 日	米克洛斯·洛瓦斯 (Miklos Lovas)	II 型超新星	14h03m00.83s +54° 14'32.8"	11.0
SN 2011fe	2011 年 8 月 24 日	帕洛马暂现源工厂 (Palomar Transient Factory)	Ia 型超新星	14h03m05.81s +54° 16'25.4"	9.9
SN 2023ixf	2023 年 5 月 19 日	板垣公一 (Koichi Itagaki)	II 型超新星	14h03m38.56s +54° 18'41.9"	11.0

名风车星系。自人类有记录以来，已在M101中发现了5颗超新星。

板垣公一出生于1947年，他是日本山形县的一位实业家，本职是一家豆制品公司的老板，业余爱好天文。20世纪60年代，板垣公一受池谷熏发现C/1963 A1彗星的影响，开始了巡天生涯，如今他拥有3个天文台，分别位于山形县、冈山县和高知县。截至2023年12月25日，他的个人超新星发现数量为176颗，位居世界第二。此外，他还发现了1颗彗星（编号为C/2009 E1，命名为板垣彗星）、14颗银河系内新星、48颗银河系外新星，基于这些发现产出的科学论文非常多。为表彰他的贡献，14551号小行星以他的名字命名。

而这一次，板垣公一发现的超新星被编号为SN 2023ixf，一颗大质量恒星晚年核心坍缩引发了这次剧烈爆炸，它位于M101东南部的电离氢区NGC 5461附近，是过去几十年来距离地球最近的核坍缩型超新星之一。雨燕伽马射线天文台、哈勃空间望远镜、钱德

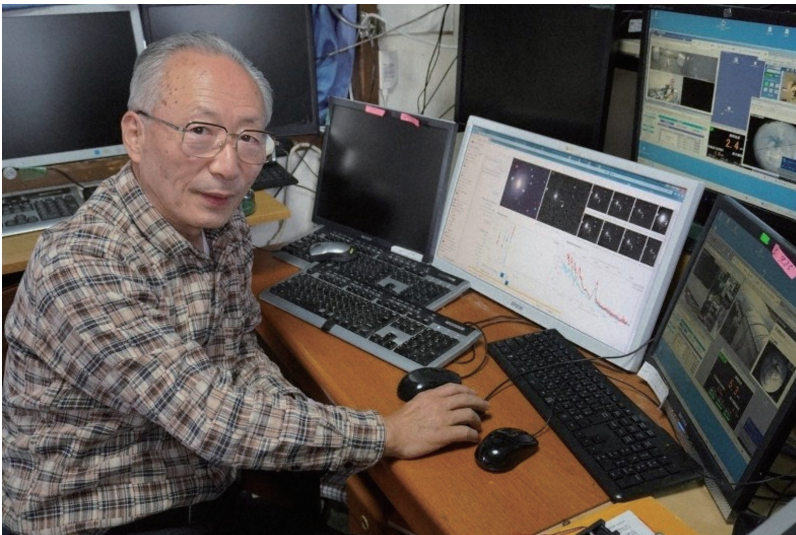
拉X射线天文台、甚大阵、凯克望远镜、双子北望远镜等大型天基/地基设施，均对其进行了大量后随观测，覆盖各个波段。天文学家期望通过这些观测，为大质量恒星演化末期和超新星爆发极早期相关研究收集丰富的数据，这意味着SN 2023ixf将成为有史以来研究最深入的超新星之一。

◆ 响应：错过发现但仍能有所作为

星明天文台是我国第一个开展巡天的业余天文台，致力于各类天体的发现与观测（更多介绍见<http://xjlt.china-vo.org/xmjs.html>）。M101是星明天文台日常观测清单里的目标，台内宁波市教育局-新疆天文台望远镜（NEXT）几乎每个晴夜都会对其进行观测。5月18日凌晨，星明天文台负责人高兴老师例行对M101进行了观测——此时距离SN 2023ixf爆发仅约24小时。然而天公不作美，18日晚和19日晚天气不佳，不良的观测条件让我们与发现失之交臂。

虽然没能发现这一具有重大科学价值的超新星，但我们很快意识到并非“什么都不能做”：M101是与地球距离较近的大型河外星系之一，亮度足够、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，如果能从天文爱好者中收集到爆发极早期甚至接近爆发瞬间的数据，汇总起来并进行分析，得到的结果也将具有极大的科学价值，不亚于发现本身。

对于科学研究来说，刚爆发的超新星具有非常重要的价值，是解开超新星爆发机制谜团的重要环节。对于核坍缩型超新星来说，爆发瞬间恒星内部及周围的物理环境经历剧变，仿佛一个天然的高能天体物理实验室，坍缩产生的强烈冲击波和电磁辐射可以揭示许多重要秘密，天文学家能从中观察到很多无法在地球上模拟的现象。但是，人类无法预测哪个星系将在



板垣公一。

图片来源：日本《每日新闻》



双子北望远镜的8.1米主镜在2022年10月受到了损坏，2023年5月经修复后重新安装，6月7日完成了修复后的首次观测，获得了这张图像，左方最亮的蓝白色天体就是SN 2023ixf。
图片来源：International Gemini Observatory/NOIRLab/NSF/AURA

何时爆发超新星，因此获得接近爆发瞬间数据的概率极低。关键数据的缺失让人们至今对该阶段的了解非常少，所以刚刚爆发的超新星弥足珍贵，为深入研究打开了一扇窗。

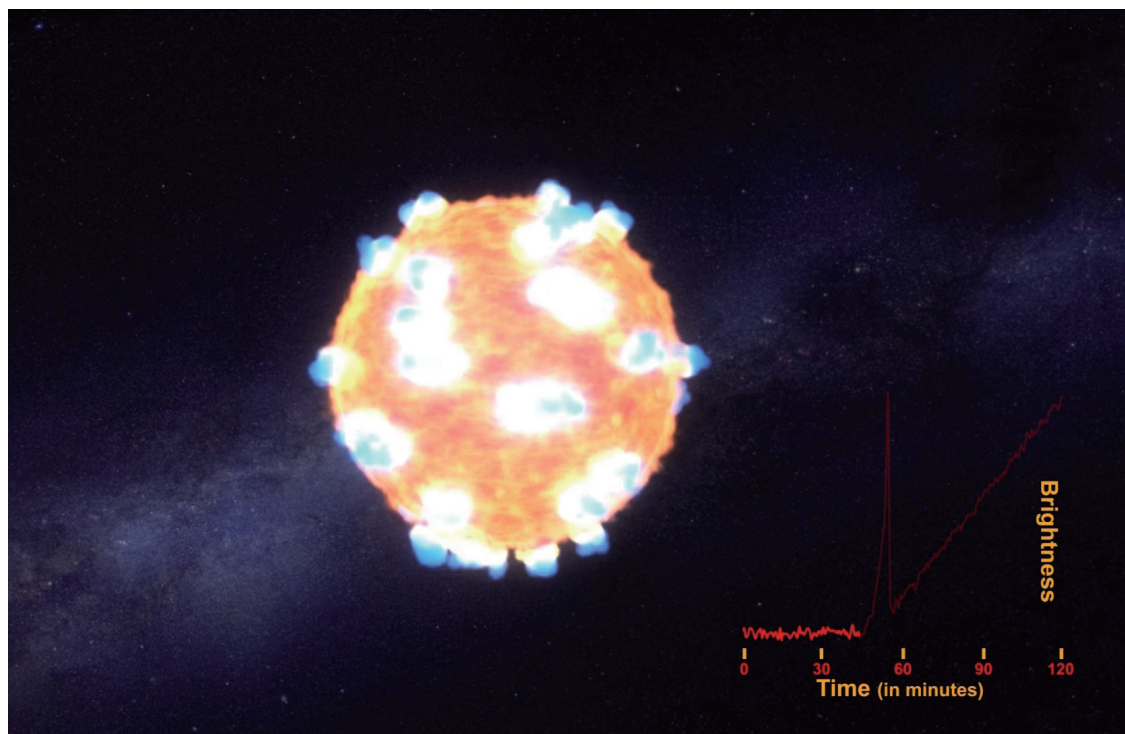
2016年9月20日，一位名为Victor Buso的阿根廷天文爱好者就有过这样的经历，他在测试刚刚购买的相机时，意外在NGC 613星系中捕捉到一颗超新星爆发

4.3小时后发出的光芒，激动之余他及时报告了这一发现，使得天文学家能够及时进行后随观测，这颗核坍缩型超新星被编号为SN 2016gkg。先前的理论认为，恒星核心坍缩会产生激波，当激波从恒星表面破茧而出时，会发出强烈的辐射，这种现象被称为激波突破（shock breakout），然而由于超新星爆发极早期阶段的观测数据极为稀少，人类对这一阶段的了解十分有

限。难能可贵的是，天文学家在分析了Victor提供的数据后，发现他恰好拍摄到了激波突破这一罕见的过程，并且获得了丰富的数据，为超新星研究提供了非常重要的样本。而Victor因为贡献了完整的极早期数据，也成为了相关论文的共同作者（这篇论文发表于2018年2月22日的Nature）。

正是由于极早期数据的重要性，星明天文台核心成员孙国佑、赵经远、

激波突破艺术图。图片来源：NASA Ames, STScI/G. Bacon



AstroNote 2023-130

AstroNotes

Stats

2023-05-22 06:15:38 Type: Object/s-Data/Analysis Bibcode: [2023TNSAN.130....1M](#)

Onset of SN 2023ixf observed over East Asian longitudes

Authors: Yiming Mao, Mi Zhang, Guangyao Cai, Jinan Chen, Jin Chen, Xing Gao, Keying Li, Xiaodong Lyu, Yujing Qin, Guoyou Sun, Shijun Xu, Zangyun Zhang, Jiashuo Zhang, Jingyuan Zhao, Xin Zheng, Wenjie Zhou, Quanzhi Ye

Keywords: [Photometry](#), [Transient](#), [Supernova](#), [Optical](#)

Abstract: We present the observations made by several China-based amateur astronomers that cover the onset of SN 2023ixf. A serendipitous time-lapse observation of M 101 captured the onset of the supernova explosion and constrained the onset time at around 2023 May 18 19:30 to 20:30 UT.

Following the first detection by Koichi Itagaki, we collected images acquired by China-based amateur astronomers within a few days before the discovery and performed photometry at the position of SN 2023ixf. The onset of the supernova explosion was captured by a serendipitous imaging session by Yiming Mao using a 0.11-m f/6.5 refractor at Dabancheng, Xinjiang, China. Mao obtained 60 5-min exposures from 2023 May 18 16:05 to 21:26 UT. The supernova was invisible in a 11x5-min running stack centered at 19:32 UT but became visible in a 11x5-min stack centered at 20:29 UT.

The images were grossly calibrated to Bessel V magnitudes using UCAC4 catalog; however all images were taken without photometric filters or using a color camera, therefore these numbers should be treated with caution. We estimate that the total uncertainty is at the level of 0.1 mag.

2023 May (UT) Mag Observer Instrument

17 18:07 >20.3 Xing Gao 0.6-m f/8 Ritchey-Chretien

AstroNote 2023-130, 图中时间为世界时。

图片来源: TNS

张宓、高兴、周文杰等人迅速响应起来,并在张藏允、张家硕等同好的帮助下,很快征集到了毛益明、蔡光耀等八位同好在18日晚到20日凌晨拍摄的宝贵数据,大部分数据是在板垣公一发现之前获得的。

◆ 合作: 齐心协力限制爆发时间

在收集到丰富的数据后,我们进行了初步测量。在此期间,出现了一个有意思的小插曲。5月21日下午2时许,加州大学伯克利分校张可名博士等人发布了2023年第125号天文简报(AstroNote 2023-125),报告天文爱好者Bronco Oostermeyer在19日凌晨5时24分拍摄的图像上,已可以看到SN 2023ixf,将爆发时间的下限提前了许多。

但我们对此却非常困惑,因为毛益明同好最后几张图的拍摄时间,与Bronco的拍摄时间差不多,而此前我们并未在毛益明同好的叠加图像上看到超新星。稍加思索后,赵经远和孙国佑先后认为,可能毛益明同好只有最后一小部分图像拍到了SN 2023ixf,而且亮度接近极限。此前我们叠加的张数太多,使得最重要的爆发后的信息在“叠加取平均”的操作过程中,被过多未爆发信息淹没了。随后赵经远重新叠加了毛益明同好的图像,张宓进行了测量。当天稍晚,周文杰尝试了其他叠加方式,协助确认了最终采用的叠加策略。

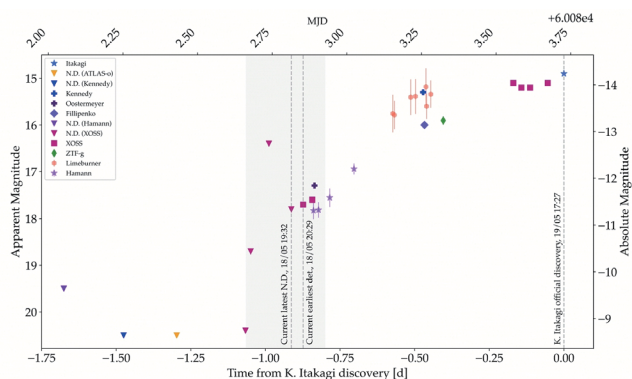
正如预料的那样,在19日凌晨3时32分前后的叠加图像上(以及更早的图像上),在SN 2023ixf的位置上看不到任何天体,极限星等为17.8星等;在4时29分前

后的叠加图像上,SN 2023ixf隐约可见,视星等为17.7星等,对应的绝对星等约为-11.3星等;在5时13分前后的叠加图像上,SN 2023ixf已经比较明显了。根据这些数据,在我们的极限星等下,将拍摄到SN 2023ixf的时间初步限制在2023年5月19日3时30分至4时30分之间。这意味着,我们捕捉到了SN 2023ixf从无到有的过程,与爆发瞬间十分接近,因此是非常有价值的数

据。最终,我们在加州理工学院秦雨静博士、马里兰大学叶泉志博士等天文学家的指导下,对测光结果进行了汇总,并撰写了报告。5月22日下午,张宓向暂现源名称服务网(TNS)提交了天文简报(AstroNote 2023-130)。

◆ 接力: 不断缩小爆发窗口

在板垣公一报告发现之后,世界各地的天文学家和天文爱好者联合起来,相继接力,提供了非常有价值的极早期数据,爆发窗口不断缩小。在我们的天文简报发布9小时后,魏茨曼科学研究所Ofer Yaron博士等人也发布了另一篇天文简报(AstroNote 2023-133),总结了先前积累的数据,重点凸显了天文爱好者所作的贡献:“这一特殊事件发生在如此邻近并经常被拍摄的星系旋臂上,来自世界各地的天文爱好者和天体摄影师获得的图像,很可能覆盖整个增亮时段。这使我们可以得到非常准确的爆炸时间估计值(通过直接成像,而不是从光变曲线外推),并获得增亮阶段光变曲线的良好表征。”



AstroNote 2023-133中所附的光变曲线，标记为XOSS的就是我们的数据。
图片来源：AstroNote 2023-133

我们很高兴中国天文爱好者没有缺席这场盛宴，并且提供了接近爆发瞬间的重要数据。Ofer博士等人在AstroNote 2023-133中也特别引用了我们的报告：“一篇天文简报总结了东亚的观测结果，基于最后一次未探测到超新星的数据深度和精度，初步将探测到超新星的时间限制在1小时内——5月19日约3时30分~4时30分（AstroNote 2023-130）。”

在我们的天文简报发布一星期后，来自俄罗斯的Vasilii Chufarin等人发布了AstroNote 2023-150。虽然他们将首次拍摄到超新星的时间进一步提前至19日凌晨3时35分，亮度约18.8星等，但他们提供的爆发时间上限（18日凌晨7时23分，超新星暗于19星等），仍没有我们约束的精确。总而言之，双方的数据各有千秋，若将它们结合在一起，进行细致的分析，将会进一步逼近爆炸的瞬间。

◆ 结果：丰富数据终结硕果

在征得各位同好的同意后，我们将所有数据转交给北京天文馆馆长、清华大学物理系王晓锋教授带领的清华时域天文研究组，供他们深入研究。2023年12月14日，国际著名科学期刊Nature在线发表了以王教授团队主导的一篇论文，题为《从一颗周围充满尘埃的红超巨星爆发出的激波闪光》（A Shock Flash Breaking Out of a Dusty Red Supergiant），第一作者为清华大学物理系博士生李盖茨，共同第一作者为中国科学院紫金山天文台博士后胡茂凯、中国科学院国家天文台博士后李文雄、美国加州大学伯克利分校博士后杨轶。这篇论文基于国内外多台望远镜的数据进行分析[其中9份属于业余数据（包括星明团队提供的4份数据）]，贡献了这些数据的个人和团队也被列为共同作者。关于这篇论文的科学解读详见本期《天文爱好者》的另一篇文章《拨开迷

雾星光现：超新星SN 2023ixf的发现及其意义》。

这篇论文在线发表的日期——12月14日——也是一个充满纪念意义的日子。时光回溯到2011年8月24日，帕洛玛暂现源工厂在M101中发现了另一颗超新星，编号为SN 2011fe，它是当时发现的最极早期的Ia型超新星。巧合的是，2011年12月14日，Nature也在线发表了两篇关于SN 2011fe的论文，这些研究极大地促进了人类对Ia型超新星的理解。我国天文学家、世界著名的超新星专家李卫东研究员是其中一篇论文的第一作者，不幸的是，在论文发表前夕，他于2011年12月12日猝然离世，年仅43岁，令人痛惜。

◆ 展望：参与科学研究的天文爱好者

大家可能会有这样的错觉：天文学家使用的望远镜更大、性能更好，可以获得非常丰富的数据——所以在天文研究领域，天文爱好者似乎没有任何优势。但事实并非如此，大型专业仪器的数量和可用时间非常有限，有大批研究人员申请、竞争，观测目标和窗口多数是提前规划好的，因此除了专用于巡天的设施外，天文学家们通常很难对特定天体进行长期、细致地监测，对突发事件的响应能力也会受到一定制约。在这个问题上，天文爱好者具有极大的优势：他们遍布世界各地，“出摊”自由，观测点可谓又多又广又灵活。这让天文爱好者能够与天文学家协同进行互补的观测，为合适的目标提供非常丰富的高质量观测数据，两者合力可以形成意义非凡的“梦之队”。以SN 2023ixf为例，爆发后第一天的数据几乎全部由天文爱好者提供，一篇发表于《天体物理学杂志快报》上的

nature

Explore content ▾ About the journal ▾ Publish with us ▾ Subscribe

[nature](#) > [articles](#) > [article](#)

Article | [Published: 13 December 2023](#)

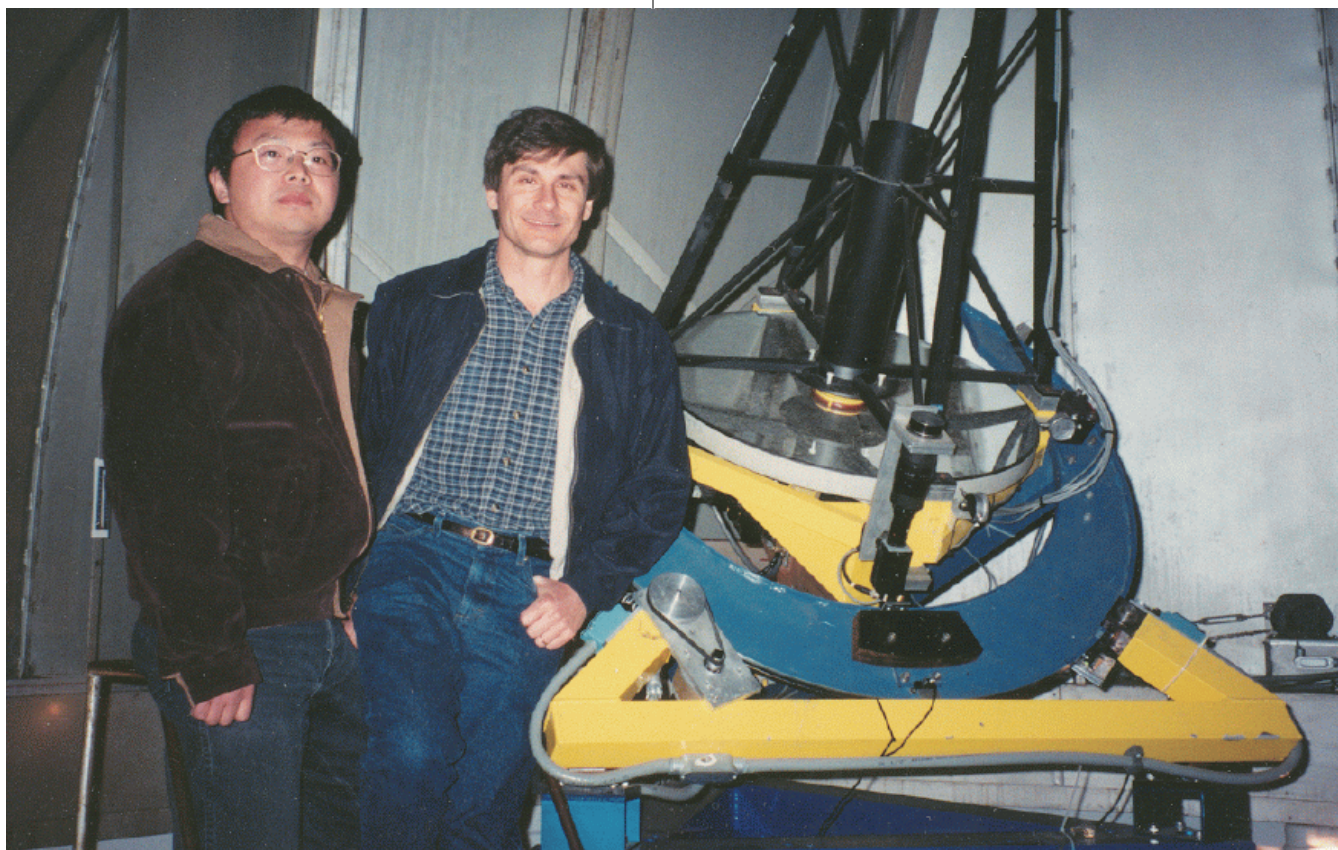
A shock flash breaking out of a dusty red supergiant

[Gaici Li](#), [Maokai Hu](#), [Wenxiang 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](#), [Fangzhou Guo](#), [Qichun Liu](#), [Guangyao Cai](#), [Wenjie Zhou](#), [Jingyuan Zhao](#), [Jin Chen](#), [Xin Zheng](#), [Keying Li](#), [Mi Zhang](#), [Shijun Xu](#), [Xiaodong Lyu](#), [Alberto J. Castro-Tirado](#), [Vasilii Chufarin](#), [Nikolay Potapov](#), [Ivan Ionov](#), [Stanislav Korotkiy](#), [Sergey Nazarov](#), [Kirill Sokolovsky](#), [Norman Hamann](#) & [Eliot Herman](#) 

[Nature](#) (2023) | [Cite this article](#)

1173 Accesses | 31 Altmetric | [Metrics](#)

Nature论文截图



李卫东研究员（左）与利克天文台超新星搜寻项目负责人Alexei V. Filippenko教授（右）。

图片来源：Michael Richmond

相关论文在结尾写道：能够探测到如此极早期的超新星，并且获得密集的观测数据，是非常“令人难以置信的事情”，这表明，“即使在暂现源天文学的大数据时代，天文爱好者仍然可以为超新星科学贡献宝贵的观测数据，而且他们也确实做到了这一点”。

如果科学的进程是一部鸿篇巨著，那么每位天文爱好者的付出和贡献必将是其中璀璨的一章，它记录了一群又一群不同国别、不同身份的人，跨越知识的壁垒，突破地域和时间的束缚，克服设备的限制，为推动科学进步贡献自己的力量。当今科学界，天文学家和天文爱好者之间的合作非常频繁，协同观测、图像识别、民众科学家问询等都是炙手可热的模式，基于业余观测数据的科学出版物更是不胜枚举。这种互动被称为专

业-业余合作（Pro-Am），除了SN 2023ixf之外，在国内还有一些例子，包括但不限于：山东大学威海天文台与星明天文台合作，获得了许多变星的完整光变曲线，已产出多篇高水平论文；国家天文科学数据中心与星明天文台合作开展的公众超新星搜寻项目（<https://nadc.china-vo.org/psp/>），当公众发现可疑目标，并经管理员查验上报后，将会有天文学家进行证认及后续研究，目前已发现百余颗不同类型的天体；国家天文台研究团队开展的引力透镜搜寻项目（<https://nadc.china-vo.org/lensfinder/>），借助公众的力量，从海量图像中搜寻引力透镜，目前已找到数十个高质量引力透镜候选体……

天文学从不是曲高和寡的科学，而是人人都能参与其中，并为之作出独特贡献的科学。据国际天文学联合

会（IAU）估计，全球有100多万天文爱好者，比IAU中活跃的天文学家多两个数量级。为了进一步推动专业与业余之间的交流合作，2021年4月，IAU成立了天文学专业-业余关系工作组（IAU working group for professional-amateur relations in astronomy）。世界各地的天文爱好者和天文学家都在同一片天穹下仰望着星空，两者相辅相成、合作共赢，共同击碎人类认知的屏障，闯出现有知识的边界，回眸更久远的过去，也望向更深远的未来。■



公众超新星搜寻项目是我国专业-业余合作的典范。

图片来源：虚拟天文台

（责任编辑 李时雨）