《天文学与天体物理学》稿件编号 aa59235-26corr.ed © 欧洲南方天文台 2026年11月25日

arXiv:2611.32616v1 [astro-ph.SR] 24 Nov 2026

盖亚 DR3 高光度蓝变星和候选高光度蓝变星星表

用于识别高光度蓝变星的 Gaia DR3 光变曲线的局限性

Maria Messineo⋆[1]，2，4 和 Donald F. Figer[3]

[1] “奥古斯托·里吉”物理与天文系，博洛尼亚大学 Alma Mater Studiorum，Via Gobetti 93/2，I-40129 博洛尼亚，意大利，电子邮箱：maria.messineo@inaf.it[2] 意大利国家天体物理研究所博洛尼亚天体物理与空间科学天文台，Via Gobetti 93/3，I-40129 博洛尼亚，意大利

[3] 探测器中心，罗彻斯特理工学院，54 Memorial Drive，罗彻斯特，NY 14623，美国，电子邮箱：figer@cfd.rit.edu[4] 意大利国家天体物理研究所巴勒莫天文台，Piazza del Parlamento 1，90134 巴勒莫，意大利

收稿日期：1996年9月15日；录用日期：1997年3月16日

摘要

背景。 银河系高光度蓝变星（LBV）是罕见的演化阶段大质量恒星，其定义性证据是长期的光谱和测光不稳定性，包括SDoradus型周期；在特殊情况下，还会发生巨型爆发。候选高光度蓝变星（cLBV）具有类高光度蓝变星光谱和/或星周星云；然而，它们缺乏能够探测其长期变异性并确认其为确证高光度蓝变星的长期观测数据集。现代时域巡天为许多银河系大质量恒星提供了均一的光变曲线，但每项巡天在深度、时间覆盖和观测节奏方面都存在自身局限。目标。 我们以已确认的银河系高光度蓝变星作为对照样本，旨在检验Gaia DR3及互补测光巡天能够或不能够对LBV型变异性作出哪些判断。

方法。 我们汇编了一个经过审查的样本，其中包含75颗银河系高光度蓝变星和候选高光度蓝变星，并收集了来自2MASS、MSX、WISE、GLIMPSE和MIPSGAL的近红外及中红外测光数据。红外资料用于验证天体 иденifications、评估源混淆，并将这些天体置于星周尘埃环境中进行考察。随后，我们利用Gaia DR3、波鸿巡天、超新星全天自动巡天（ASASSN）和兹威基瞬变巡天（ZTF）构建光变曲线，并采用Lomb-Scargle（LS）和相位色散最小化（PDM）方法分析大振幅及周期性案例。
结果。 </style}盖亚第三次数据发布匹配源可用于样本中67%的目标，其中76%被报告为变星。我们识别出高振幅变星和周期系统，它们可能是双星而非经典 LBV。六颗已确认的高光度蓝变星和五个候选体在盖亚RP滤光片中的变化幅度超过 ≈ 0.6等。我们检查了它们的光变曲线，并识别出三颗周期变星。OMN2000 LS1和DWC2011 140的光变曲线显示出主极小值和次极小值，强烈暗示它们是食双星系统。OMN2000 LS1的周期被很好地确定为80.29天，而DWC2011 140的周期为95.07天。

关键词。恒星： 大质量 – 恒星：发射线、Be型 – 恒星：一般变星 – 双星：一般 – 双星：食双星 – 星表 s

1。引言

T大质量恒星的演化路径尚未得到充分阐明。
I除了初始质量和金属丰度（因而还有不透明度）
s恒星大气）、自转、失质量、磁场和双-
n性是理解其演化的关键参数，且
fi 最终命运。质量为 ≈8–40 M⊙ 的恒星（加入自转后为 ≈8–25 M⊙ ）会演化为红超巨星（RSG，例如 Limongi 2017），随后可能发生爆炸，或作为过渡天体（后红超巨星）重新向更高温度演化；质量更大的恒星不会成为红超巨星，而是直接向蓝端演化——从蓝超巨星（BSG）到过渡天体和沃尔夫–拉叶（WR）星。演化中的大质量过渡恒星包括高光度蓝变星、B[e] 超巨星（B[e] SGs）、黄超巨星和黄特超巨星、蓝超巨星以及 Of/WN星。它们的相对数量和周围环境约束了质量损失、自转、金属丰度和双星性对大质量恒星演化的影响。按照 Kraus（2019）的定义，B[e]SGs显示出含尘盘的证据——通常被解释为支持双星性的证据——例如 CO发射或热尘埃成分。对于 B[e] SGs，log(L/L⊙)的范围为 4.0–6.1（Kraus 2019；Smith & Tombleson 2015），而高光度蓝变星通常更亮：其 log(L/L⊙)范围为 4.5 至 6.7（例如，Humphreyset al. 2016；Smith 2019；Smith & Tombleson 2015；van Genderen 2001）。

现代时域巡天（包括 Gaia DR3、ASASSN、ZTF 和凌日系外行星巡天卫星（TESS））如今为大样本银河系大质量恒星提供了均一的光变曲线。然而，光学巡天仍难以探测许多嵌于银河平面、受到高度消光的高光度蓝变星，而且其相对较短的时间基线也无法捕捉定义经典 LBV 的数十年尺度演化。

高光度蓝变星并非由单一的光度振幅阈值来定义。它们是高光度的演化大质量恒星

具有致密不稳定星风、发射线光谱，以及有记录的

⋆ MM 于 2026 年春季调任至 INAF-OAPA。

长期光谱或测光变化，最具特征的是 S Doradus周期或巨型爆发。相比之下，候选高光度蓝变星（候选高光度蓝变星）具有与高光度蓝变星相似的光谱、光度、星云或红外超，但缺乏能够确证 LBV 型变异的决定性历史证据。这一区分是本文的核心：短基线巡天可以揭示变异性、周期性和可能的双星性，但通常无法取代确证高光度蓝变星所需的长期历史记录。

环境为理解其失质量历史和演化状态提供了关键背景。Smith & Tombleson（2015）得出结论，高光度蓝变星通常处于相对孤立的环境中。其他研究认为，观测偏差和不完整的星团成员资格可能会影响统计结果（例如，Humphreys等（2016）；Martin 等（2025））。一些研究认为，初始质量（或光度）是决定恒星空间分布的关键参数，大质量 LBV 更倾向于成团分布（Humphreys等（2016）；Kostenkov等（2025））；而另一些研究则提出，尘埃型高光度蓝变星可能是超新星爆发后受踢恒星（例如，Deman & Oey 2024）。由此产生的问题是：是否存在两个高光度蓝变星族群，以及其中最暗的是否为双星。

长期以来，高光度蓝变星被认为是单星现象（例如，Clark 等人 2005；Conti 等人 1995；Figer 等人 1997；Nota 等人 1995）。然而，近期情景也表明，许多高光度蓝变星是双星或多星系统的产物（例如，Smith & Tombleson 2015）。近期利用干涉测量术开展的研究表明，高光度蓝变星中的双星比例高达 ~ 70%（Mahy 等（2022）），支持双星相互作用能够解释其孤立性的观点。然而，径向速度周期性很少被探测到，而且双星似乎并不是典型 S Doradus 周期或爆发的成因（Lobel 与 Gorlova 2025；Mahy 等（2022））。

因此，本文所探讨的实际问题虽有限却十分重要：在 2.8 年 Gaia DR3 时间基线内，是否能够探测到类似 LBV 的变异性，以及从文献中选出的候选高光度蓝变星是否表现出与简单 LBV 分类不一致的变异性。我们在第 2 节描述高光度蓝变星所呈现的光度变化，构建经过审查的银河系高光度蓝变星和候选高光度蓝变星星表（第 3 节），并保留红外测光，作为源验证（第 4 节）以及在星周尘埃背景下与 B[e]SG 类天体进行比较的辅助信息。随后，我们利用 Gaia DR3、波鸿、ASASSN 和 ZTF 光变曲线测量振幅，识别大振幅变星（第 5 节），并搜寻周期性。由此得到的 3 个周期性候选 LBV 被认为更可能是双星候选体，而不是新确认的经典 LBV（第 6 节）。第 7 节给出总结。

2. 已知高光度蓝变星的光度变化

确证银河系高光度蓝变星为解读现代巡天光变曲线提供了经验参考样本。由于高光度蓝变星变异性发生在多个时间尺度上，因此不能将单一振幅阈值用作分类规则。巨型爆发十分罕见，是以世纪为尺度的事件，目视亮度会增强数个星等。S Doradus周期更为常见，但仍需要持续数年至数十年的监测，并且伴随目视亮度、温度和光谱的变化，而辐射总光度大致保持不变。较短周期的振荡和微变异发生在数日至数年的时间尺度上，可以在现代巡天中被探测到，但仅凭这些现象不足以确认其为高光度蓝变星。van Genderen和Sterken[1] 因此应被视为经验性指导，而非正式定义。长期、大振幅的变化帮助确认了许多确证高光度蓝变星，但当光谱学、颜色行为和历史变异性支持这一解释时，较小振幅的天体也可能是高光度蓝变星。

最引人注目的变异类型是巨型爆发，PCygni和 ηCarinae均有相关记录（例如，de Groot 1988；van Genderen 2001）；在此期间，恒星的亮度可增加数个星等，并抛射出大量物质。这些罕见事件发生的时间尺度为数百年或更长。

S Doradus周期的定义性特征（例如，HR Carinae、AG Carinae、van Genderen等（1997a,b））是亮度与颜色（或有效温度）变化之间的反相关：高光度蓝变星会变得更红、更亮（光度最大时），以及更蓝、更暗（光度最小时），其视星等振幅通常为0.2–2.5 mag，周期为10–40年，同时保持近乎恒定的辐射总光度。光谱型也会相应变化：在最小状态下为热的B型超巨星或Of/WN状态，在最大状态下则为较冷的A–F型。高光度蓝变星还会在S Doradus型周期期间表现出约半个星等的振荡（颜色和星等变化），时间尺度从数月到数年不等（Humphreys与Davidson（1994））。高光度蓝变星和 α Cygni变星[2] 可能还会在更短的数日至数月时间尺度上表现出微变异，但在高光度蓝变星中，其振幅更大（通常为0.1–0.25 mag），并且出现在接近最小和最大光度的光变曲线阶段（Sterken等（2008）；van Genderen 2001；van Genderen等（1997b, 1992））。近期利用TESS对银河系和麦哲伦云（MCs）各族群中约40颗高光度蓝变星开展的光度监测证实了数日至数月时间尺度上的短期微变异，且这种变异与恒星参数无关（Spejcher等，2025）。AG Carinae和WRAY 19-46被报道具有异常大的半振幅（Spejcher等，2025）。Humphreys与Davidson（1994）发表了一条覆盖1949年至1955年的合适P Cygni光变曲线；该曲线显示出具有大振幅（0.5–1.0 mag）的振荡。

在部分高光度蓝变星中观测到准周期变光。1994–1998年间，WRAY751似乎处于低亮度状态（在2001–2008年增亮之前），其光变曲线显示出准周期（约1年）变化（全振幅 ≈ 0.5星等，Sterken等（2008））；基本上，这段光变曲线看起来类似于半规则晚型星。

在 ηCarinae于1837年大爆发的历史光变曲线中，爆发后缓慢光度下降之后观测到三次大幅振荡（振幅为 > 0.5星等）（Smith与Frew（2011）；Smith等（2011））。在1985年爆发及随后的下降之后，1985年至1990年间，AG Carinae出现准周期（300天）振荡，振幅可变（≈ 0.4星等）（Humphreys与Davidson（1994））。

总之，高光度蓝变星中存在多种脉动模式，其时间尺度和振幅各不相同（例如，Guzik与Lovekin（2012）；Levesque等（2025））。尽管基于 BRITE 卫星数据，P Cygni 的微变周期（P）为 17.3 d（振幅为 0.1—0.3 mag；Humphreys 与 Davidson 1994；van Genderen 等 1992），但其振荡（压力波）具有多重周期性（P{v1}、175、500 d），长期光变（重力波或亚表面对流）的周期较长（P{v2}–1000 d），而剑鱼座 S 阶段的周期为 P{v3}.3 年（振幅为 0.1 mag）（Elliott 等人 2022）。

[1] 经 van Genderen博士确认的高光度蓝变星，其变化幅度大于 ≈ 1 mag（van Genderen等（1997a、b；1992））；而经 Sterken博士确认的高光度蓝变星，其变化幅度小至 ≈ 0.4 mag（Sterken等，1996, 2008）。

[2] α天鹅座变星是非径向脉动光亮超巨星，具有不规则或多周期的低振幅亮度变化；不同于亮蓝变星剑鱼座S型周期，它们不会表现出同样系统性的长期颜色—温度变化。

振幅为 0.1—0.3 mag；Humphreys 与 Davidson 1994；van Genderen 等 1992）基于 BRITE 卫星数据，其振荡（压力波）具有多重周期性（P=100、175、500 d），长期光度观测（重力波或亚表面对流）的周期较长（P=900–1000 d），而剑鱼座 S 阶段的周期为 P=7.3 年（振幅为 0.1 mag）（Elliott 等人 2022）。

3. 样本

文献中已有若干近期综述（例如 Prasoon 等人 2025；Smith 2025）以及高光度蓝变星和候选高光度蓝变星星表的汇编。例如，Richardson 与 Mehner（2018）在其表1中列出了36颗银河系高光度蓝变星的名称和坐标[3]。类似地，Weis 与 Bomans（2020）在其表2中列出了15颗确证高光度蓝变星和32个候选体。

我们重新汇编了文献中的高光度蓝变星和候选高光度蓝变星名单。我们纳入了 Clark 等人（2005）给出的35颗恒星名单，其中包括12颗确证高光度蓝变星和23个候选高光度蓝变星；Wachter 等（2010）发现的6个新候选体[4]，；Kniazev 等（2015）列出的16颗银河系确证高光度蓝变星，Gvaramadze 与 Kniazev（2017）又在此基础上增添了两颗确证恒星；Gvaramadze 与 Kniazev（2017）利用 Spitzer 和 WISE 数据发现的36个新候选高光度蓝变星[5]，；以及 Kniazev 与 Gvaramadze（2015）通过南非大型望远镜光谱发现的两个候选体（2MASS J161517−505219和 2MASS J115443−631331），其中 2MASS J161517−505219 由 Figer 等（2020）进行了光谱分析。Smith（2019）列出的25颗具有盖亚 DR2 距离数据的恒星中，新增了一个候选体（SBW1）。Messineo 等人（2014）在 G23.3−0.3 巨分子云复合体中报告了另一个新的候选高光度蓝变星，Messineo 等人（2015）则在星团 Cl 1813-178 中报告了一颗新的候选高光度蓝变星。最近，Clark 等（2021）报告了中央分子区方向上的8个候选体。按照近期文献的分类，收集到的恒星标记为高光度蓝变星或候选高光度蓝变星。Clark 等人（2005）将 WRAY 17-96 报告为候选高光度蓝变星；然而，鉴于 Buemi 等人（2011）报告的较大光度变化，我们将其类别从候选高光度蓝变星改为确证高光度蓝变星。我们从约90颗恒星中剔除了 Bernini-Peron 等（2026）最近归类为蓝超巨星、蓝特超巨星（BHG）、沃尔夫–拉叶星（WNL）、渐近巨星支后星（post-AGB）和 Ofpe/WN9 星的恒星。总之，汇编名单共包含75颗恒星，其中有17颗确证高光度蓝变星和58个候选高光度蓝变星。

据报道，所收集的恒星光谱中显示有高光度蓝变星的典型发射线，其中大多数被星云包围，且亮于 10^5 $L_\odot$。文献中已有的高光度蓝变星温度和光度列于附录，并显示在图 1 的图表中，其中 ηCarinae 的光度达到 $10^{6.7}$ $L_\odot$。如 Smith（2019）所示，在较暗的一端，与 B[e] 恒星有很大的重叠；WS1 是一颗很可能属于高光度蓝变星的暗弱恒星，其光度较低，仅为 $10^{4.5}$ $L_\odot$（Smith 2019）。

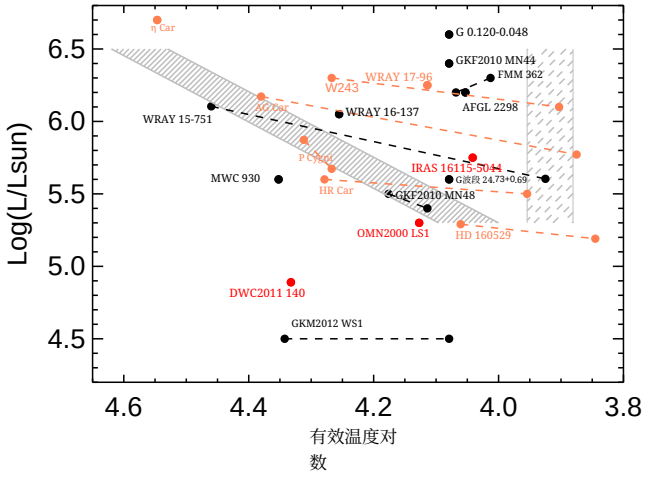

图 1. 确证高光度蓝变星的光度与 T_{eff} 值的关系（黑色实心圆）；光度和 T_{eff} 值取自文献，相关参考文献列于附录 A。已知为双星的确证高光度蓝变星以橙色标出（Lobel 与 Gorlova 2025；Mahy 等（2022）及其中的参考文献），详见表 B.1。本文重点讨论的候选高光度蓝变星 OMN2000 LS1、IRAS 16115−5044 和 DWC2011 140（其光度数据见附录 A）以红色实心圆叠加标出。本文首次报告 OMN2000 LS1 和 DWC2011 140 是食双星。LBV 最小光度带的热边界（实线）和爆发区域（两条长虚线之间的区域）取自 Smith 等（2004）。

4. 观测数据

4.1. 可用的红外测光

收集近红外和中红外测光数据主要有两个原因。首先，这些数据有助于可靠地识别高度消光的银河平面天体，因为它们的光学对应体可能较暗或难以区分。其次，中红外颜色有助于追踪星周尘埃和星云发射，这对于区分富尘候选高光度蓝变星与具有盘状结构、类似 B[e]SG 的天体及其他演化发射线恒星很重要。我们使用近红外二微米全天巡天（2MASS）[6] 正确地重新识别并确认中心恒星（例如，Gvaramadze 等，2012）。

中红外数据收集自中段空间实验（MSX）、广域红外巡天探测器（WISE）巡天，以及斯皮策空间望远镜对银河内盘开展的巡天[7]。这些巡天旨在追踪星周星云、恒星形成区和演化恒星中暖尘埃产生的红外辐射。

详细的星表参考文献和完整的测光汇编见附录C。

[3] 我们是在编制名单后才发现这份星表的。除两个天体外，所有银河系天体都已纳入我们的汇编。Lim等（2024）将HD 148937认定为磁性O型星；而伯克利87成员MWC 1015据报道已从晚型星变为Be型星（Polcaro等，2006）。[4] Wachter 等（2010）列出了十颗高光度蓝变星和候选高光度蓝变星，但其中只有六颗是在他们的巡天中新发现的。[5] 这36颗候选高光度蓝变星是利用Spitzer和WISE数据发现的那些恒星的一个子星表，作者对其中的恒星获得了光谱信息（以及其中的参考文献，Gvaramadze & Kniazev 2017）。

[6] 二微米全天巡天（Skrutskie 等，2006）。[7] 中段空间实验（MSX）对银河平面进行了8.28 μm至21.3 μm范围的巡天（Egan 等，2003）；广域红外巡天探测器（WISE）开展了覆盖全天的3.4至22 μm巡天（Wright 等，2010）；银河遗产红外中平面卓越巡天（GLIMPSE）使用斯皮策/IRAC光度计获取了3.6至8.0 μm的图像（Churchwell 等，2009）；斯皮策银河平面多波段成像光度计巡天（MIPSGAL）在24 μm和70 μm波段进行了观测（Gutermuth 和 Heyer，2015）。

4.2. Gaia DR3 数据

50颗恒星（14颗高光度蓝变星和36颗候选高光度蓝变星）在Gaia DR3星表中有对应的天体，如附录 B所列。对于自动盖亚位置匹配，我们优先采用经SIMBAD 数据库验证的盖亚匹配结果，以及与2MASS对应天体相匹配的盖亚结果；每个匹配结果都在Gaia 存档单目标图[8]上进行了检查。

4.2.1. XP 光谱

42 颗恒星具有来自盖亚蓝光测光仪（BP）和红光测光仪（RP）的低分辨率光谱。BP 和 RP 数据的组合被称为 XP 光谱（或 BPRP 光谱）。这些低分辨率光谱（$R \approx 50$）覆盖约 330–1050 nm 的波长范围（De Angeli 等，2023），主要适用于识别宽广的光谱特征，例如强 Hα 发射或宽的混合特征。图 2 展示了几个示例。在 $R \approx 50$ 下，狭窄的天鹅座 P 型轮廓和微弱的发射线无法被分辨，因此 XP 光谱被视为辅助证据，而不能替代地面光谱观测。在样本中超过一半的恒星（42 颗中的 25 颗）的 XP 光谱显示出 Hα 发射线；大多数光谱除此之外看起来没有明显特征，或仅呈现无法分辨的宽峰。只有 9 颗恒星的光谱中可见强 Hα 发射线（HR Carinae、WS1、P Cygni、Hen 3-519、WRAY 15-906、MN7、HD 316285、MWC 314 和 MWC 349A）。

HD 326823 和 MWC 314 具有显著的宽发射特征；与高分辨率光谱相比，该特征被识别为 Ca II 发射（Borges Fernandes 等 2001；Miroshnichenko 等 1998）。Hen 3-519、WS1、HD 326823 和 MN112 的光谱中约 710 nm 处的特征归因于 706.5 nm 处的 He I，这一点分别可从 Smith 等（1994）、Kniazev 等（2015）、Borges Fernandes 等（2001）和 Kostenkov 等（2020）的高分辨率光谱中看出。HR Carinae、AG Carinae、MN1、WRAY 15-906 和 HD 316285 的光谱中也出现了这一弱特征。

WS1、WRAY 15-906、MN7、WS2、2MASS J 17470940−2849235,G26.47+0.02 和 MWC 349A 的光谱中，在 920–960 nm 之间出现的小型双峰最有可能源于帕邢系氢线的发射。事实上，ηCarinae 和 HD 316285 显示出强烈的 Pζ（922.9 nm）和 Pϵ（954.6 nm）谱线（Hillier 等 1998、2001）。

4.2.2. 盖亚变星

在盖亚 DR3 中，有 38 颗恒星（共 50 颗）被分类为变星。盖亚的观测历元较为稀疏（在 2.8 年内有 30–100 个观测历元，Eyer等（2023））。光变曲线中显示出一些异常值，因此将其从光变曲线中剔除，要求每个数据点相对于时间上相邻的数据点（在 365 天以内）的偏差不得超过其标准差的三倍。变异的振幅估计为最小星等与最大星等之差。这种方法比使用盖亚默认的截尾星等范围作为振幅更为保守。

一些目标受到星际尘埃的严重遮蔽，在RP波段呈现出良好的光变曲线，但在蓝波段的表现非常差。因此，仅当平均BP波段星等亮于18.5 mag时，才计算BP波段的振幅；对于G波段，星等上限为17.5 mag。恒星Gaia DR3 5935061172876722176、Gaia DR3 5972944571113006720和盖亚第三次数据发布4156489445780902016的低质量G波段光变曲线未予考虑。盖亚第三次数据发布4256472156970283904的BP波段光变曲线质量也很差，因此被舍弃。

要确定一颗恒星是高光度蓝变星（LBV），我们应观测到一次光爆发，或证明存在 S Doradus周期。爆发非常偶发，需要数十年的观测。SDoradus周期的时间尺度为数年至数十年，因此无法在盖亚 DR3 的 2.8 年基线内探测到。此外，盖亚稀疏的观测节奏并不适合捕捉高光度蓝变星特有的振荡或微变。在盖亚 DR3 数据中，只有高光度蓝变星 AG Carinae 的光变曲线显示出在不到 400 天内显著减弱 1.0 等的现象，如图 3 所示；而 WRAY 16-137 在 348 天内减弱了 0.8 等。在盖亚 DR3 的观测时间范围内（约 1000 天），确证高光度蓝变星 WRAY 15-751、WS1、MN44、WRAY 17-96 和 WRAY 16-137[9] 的光变曲线在 RP波段分别显示出振幅为 0.59、1.15、0.60、0.63、0.80 等的显著亮度变化；三个波段似乎以相似的模式和振幅发生变化，其 G –RP 颜色基本保持不变——BP波段星等通常不如 G波段测量可靠。在两个案例中出现了明显的色星等关系：AG Carinae 变暗时颜色变得更蓝，而巨型爆发变星 ηCarinae 在变暗阶段变得更红。14 颗已知高光度蓝变星的平均 RP振幅为 0.52 等，标准差为 $\sigma = 0.35$ 等；中位数为 0.40 等。G波段的平均变异为 0.48 等，标准差为 $\sigma = 0.34$ 等；BP波段的平均变异为 0.45 等，标准差为 $\sigma = 0.30$ 等。仅凭盖亚 DR3 光变曲线，无法可靠地重新确认高光度蓝变星。除了变异性研究之外，这些新的高质量光变曲线对于识别和表征双星系统也很有价值。

因此，我们将 0.6 星等作为筛选候选高光度蓝变星（cLBVs）的阈值，以便进一步检查其光变曲线；但这一数值有些武断，仅应用于推动使用其他技术开展进一步研究，而不应据此将某颗恒星确定分类为高光度蓝变星（LBV）。在五颗候选高光度蓝变星（cLBVs）的 RP光变曲线中检测到幅度分别为 0.97、0.63、1.32、1.15 和 0.65 星等的大幅变异（IRAS 16115−5044、WMD2010 14、GKF2010 MN51、OMN2000 LS1 和 DWC2011 140）；见图 4。

4.3. 波鸿巡天

波鸿巡天利用像素尺度为 2.″4 的相机，在三年的基线内为南天变星（10–15 星等）提供 r′ 和 i′ 时序测光（Haas 等，2012）。对于本文而言，其价值不仅在于提供了额外的振幅信息，还在于相较于盖亚，对部分南天目标具有更密集的时间覆盖，这有助于将单调或缓慢变化的高光度蓝变星样行为与周期性变异区分开来。

我们在波鸿巡天中发现了八颗高光度蓝变星和六颗候选高光度蓝变星。除了两颗已知的高光度蓝变星外，其余目标的星等变化均大于 0.6 等。HR Carinae 和 W243 被发现

[8] https : //gea.esac.esa.int/archive/

[9] 文献中特别从 S Dor型光变行为（WRAY 15-751 和 WRAY 17-96）或 S Dor型爆发（WS1、MN44 和 WRAY 16-137）的角度讨论了这些恒星。Gvaramadze团队因这些恒星观测到的变异性较大，将它们（WRAY 17-96 除外）列为确证高光度蓝变星。此前报道的 Δ 星等值分别为 WRAY 15-751 的 0.6 等、WRAY 17-96 的 1.45 等、WS1 的 1.9 等、MN44 的 1.6 等，以及 WRAY 16-137 的 1.84 等（Buemi 等人，2011；Gvaramadze 等人（2015，2014）；Kniazev 等，2015；van Genderen，1992）。

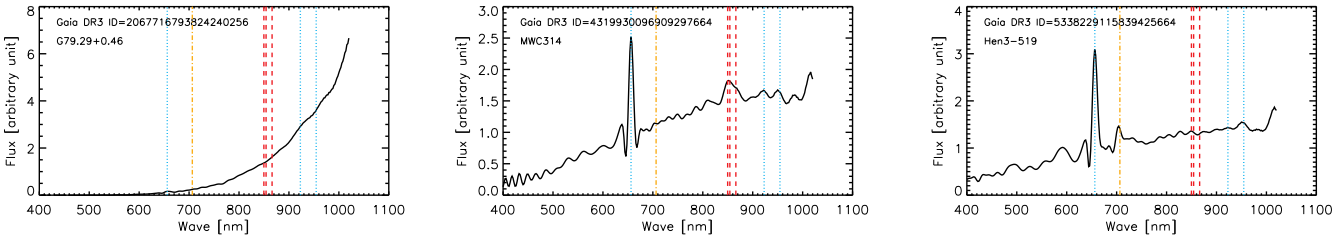

图 2. 已知高光度蓝变星和候选高光度蓝变星的盖亚 Gaia DR3 XP 光谱示例。左：G79.29+0.46 的光谱。中：MWC 314 的光谱。右：Hen 3–519 的光谱。He I 谱线位于 706.5 nm，在少数光谱中可见，其位置以黄色点划线标示。部分光谱中可辨认出的三条最强氢谱线 Hα （656.3 nm）、P$_\epsilon$（954.6 nm）和 P$_\zeta$（922.9 nm）以青色竖直点线标示。Ca II 三重线（849.8、854.2 和 866.2 nm）以红色虚线标示。

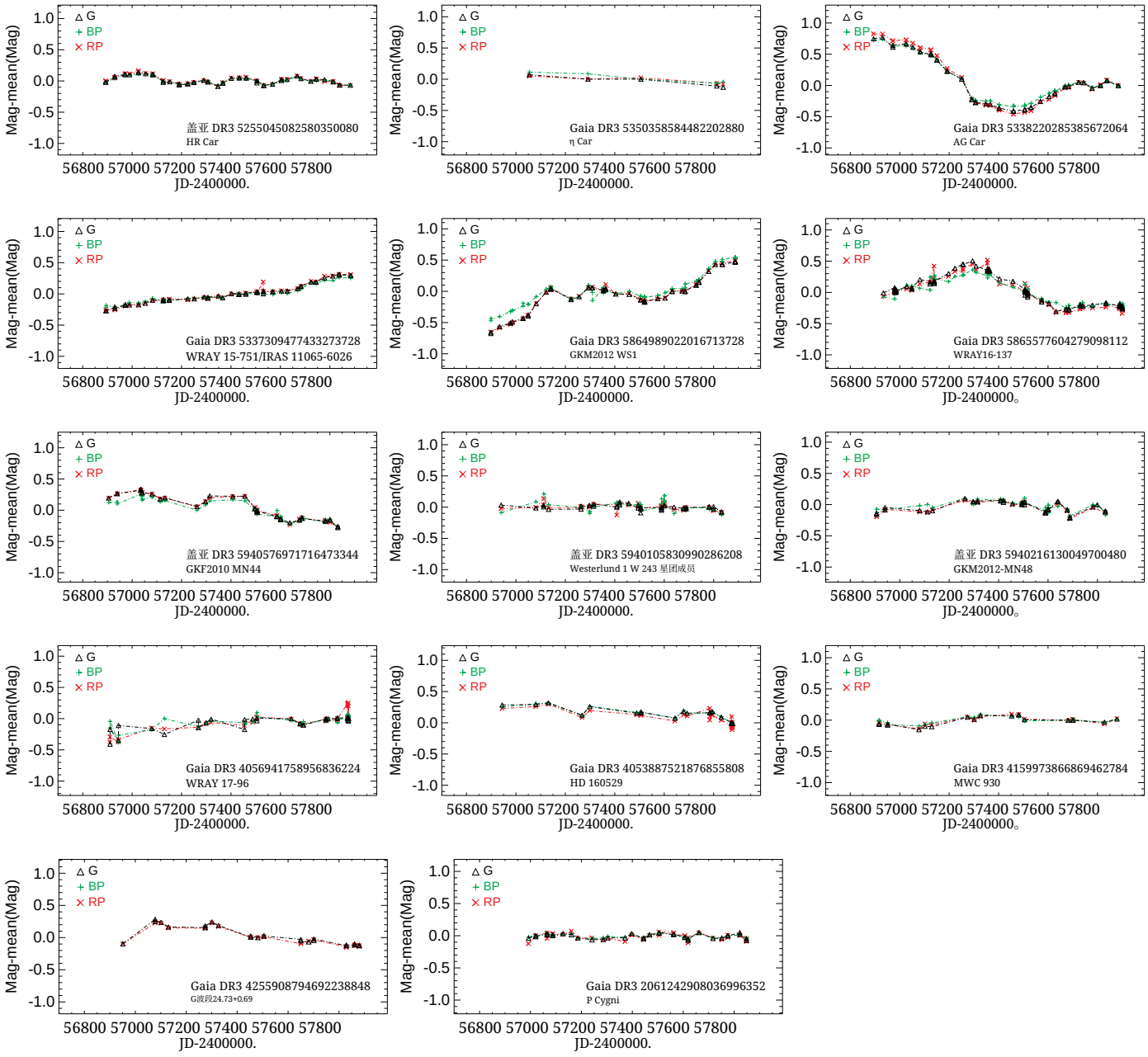

图3。已知高光度蓝变星的 Gaia DR3 光变曲线。

处于平静期，变化幅度仅为 0.2–0.25 等。候选体 GKF2010MN46 和 DWC2011 140 在 r′ 和 i′ 波段均显示出 ≈ 0.6 等的变化；见图 5。

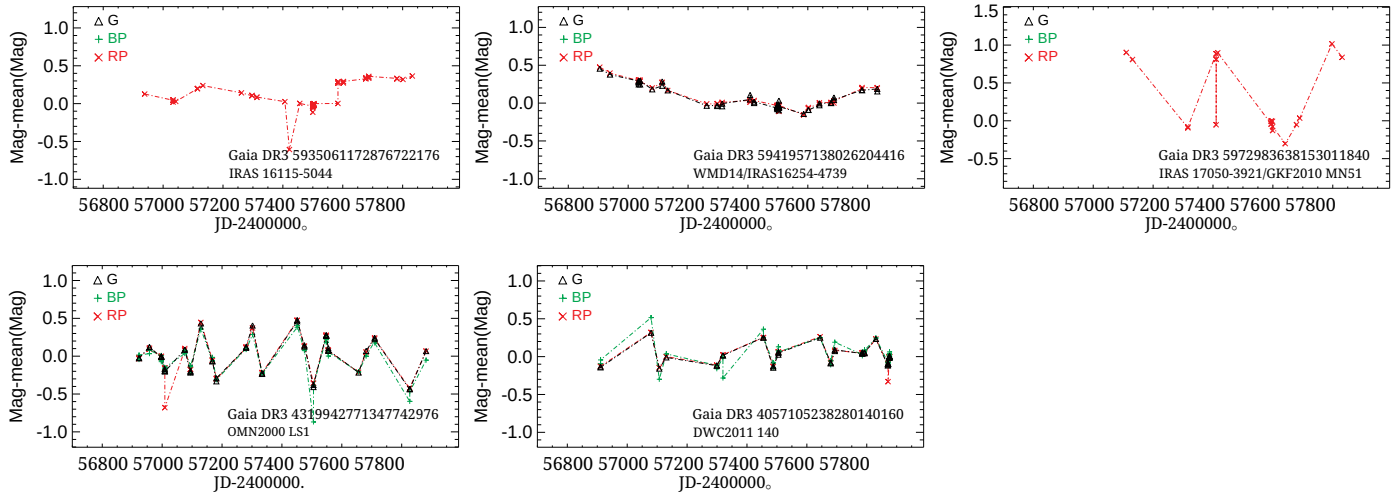

图4. 检测到星等变化大于0.5等的候选高光度蓝变星的 Gaia DR3 光变曲线。

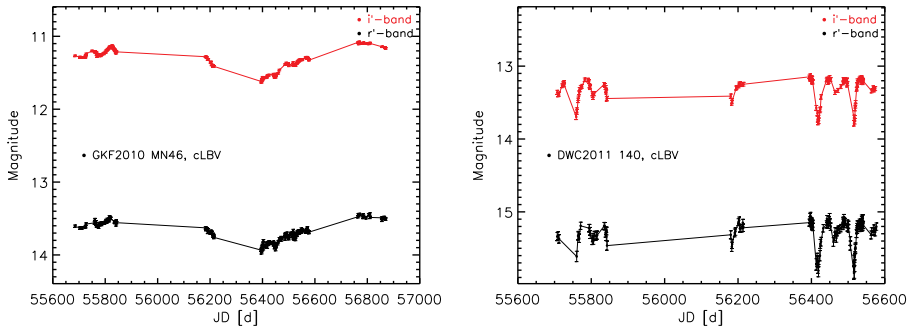

图5. 波鸿巡天中检测到的星等变化大于0.5等的候选高光度蓝变星的光变曲线。

4.4. 用于表征盖亚和/或波鸿大变化天体的其他光变曲线

我们使用 ASAS SN 和 ZTF 数据，检验大振幅的盖亚和波鸿变星在更长或采样更密集的时间基线上是否表现出相干周期性。ASAS SN 提供明亮源（$11 < V < 17$mag）的多年 V 波段光变曲线，观测采样频率为每晚一次，空间分辨率为 $\approx 16''$（Jayasinghe 等（2019a））；而 ZTF 则在北天天区以更高的观测频率（每晚一次或三次）提供光学测光数据（g 和 r 波段），并具有更高的角分辨率（$2.''0$）（Chen 等（2020））。这些互补数据对于在候选高光度蓝变星中识别类食双星光变曲线尤为重要。

75 颗高光度蓝变星和候选高光度蓝变星中，有 24 颗被纳入 Jayasinghe 的研究。其中 15 颗被分类为 SDOR，3 颗为 SR（半规则）变星，6 颗为 L（长周期）变星。估计的变化幅度（最小星等 - 最大星等）和 ASASSN 分类列于附录 B 中。

在盖亚探测到的具有大幅变异的候选高光度蓝变星中，只有 OMN2000LS1 的光变曲线可在 ZTF 巡天中获得，如第 5 节所示。

5. 结果：探测到候选高光度蓝变星的大幅变异

Gaia DR3 在五颗候选高光度蓝变星的光变曲线中发现了 $\gtrsim 0.6$ 等的变化，而波鸿巡天又发现了两颗候选高光度蓝变星（其中一颗也被 Gaia 探测到）。

5.1. 非周期性光变曲线

IRAS 16115−5044、WMD201014 和 MN46 的光变曲线似乎没有周期性，与其他已知高光度蓝变星的光变曲线一致——缓慢上升和／或下降。

Figer 等（2020）对 IRAS 16115−5044（“子弹”）的 K 波段光谱进行了分析和建模。该光谱中显示出丰富的发射线，包括 He I、氢 I、电离铁、[电离铁], 镁 II、钠 I，以及 P Cygni 轮廓；此外，谱线强度的变异性也足以确认其为高光度蓝变星，尽管当时尚未获得光变曲线的光度学确认。

Wachter 等（2010）在 JHK 波段对 WMD201014（2MASS IRAS 16254−4739，J16290377−4746264）进行了光谱观测。其特征是具有 He I、氢 I、镁 II、电离铁和 [电离铁] 发射线。

Gvaramadze 等（2010a）展示了 GKF2010 MN46 周围星云的光学光谱，其中包含大量电离铁和 [电离铁] 谱线，这是高光度蓝变星的典型特征。Arun 等（2025）重新分析了该光谱；除识别出 100 多条具有 P Cygni 轮廓的谱线外，光谱还显示出来自 N II、Si II、Al II、Ca II 和镁 II 的单电离谱线，以及禁戒[N II] 谱线。作者推测其 $T_{\rm eff}$ 为 12,000 至 30,000 K。对 GKF2010MN46 的干涉观测证实，该天体是一个双星系统，其伴星（或盘状结构）位于 3.3 mas 处，亮度暗 3.7 等（Mahy 等（2022））。

5.2. 周期性光变曲线

三颗候选高光度蓝变星在 Gaia DR3 中显示出明显的周期性：GKF2010 MN51、OMN2000 LS1 和 DWC2011 140。GKF2010 MN51（WMD201023a、IRAS 17050−3921,

表1. 周期和周期变星。

Name	本研究 - 周期			文献 周期		
	Gaia LS/PDM [d]	ASAS SN LS/PDM [d]	ZTF LS/PDM [d]	Gaia [d]	ASAS SN [d]	ZTF [d]
GKF2010 MN51	390.29/388.08?	27.35/27.68?				
OMN2000 LS1	79.86/80.82	80.85/80.27	81.91/80.29	80.48	80.63	79.47
DWC2011 140	95.07/94.85	46.42/95.07		0.015	47.74	

对于每条可用的光变曲线，均测量了 LS 和 PDM 周期。问号表示不确定的周期，此时盖亚与 ASAS SN 的解不一致。

2MASS J17082913−3925076）曾由 Wachter 等（2010）在 JHK 波段进行光谱观测。其光谱显示出由发射线 He I、氢 I、镁 II、电离铁、钠 I 和 [电离铁] 所产生的特征。

Clark 等人（2009b）展示并建模了 OMN2000LS1 的 K 波段光谱。该光谱主要表现为 2.05 μm 处强烈的 He I 发射线，具有天鹅座 P 型轮廓，以及强烈的 Brγ 发射。检测到了镁 II 谱线（2.138 μm 和 2.144 μm），但未检测到电离铁谱线。

DWC2011 140 至少接受过两次光谱观测（Clark 等人 2021）。事实上，Mauerhan 等人（其编号为 1 的恒星，2010a）根据 2.05 μm 处清晰的 He I 发射线（带有蓝移吸收翼）、强烈的 Brγ 发射以及一条钠 I 发射线，将其确定为 B0–2 I 型。Geballe等（2019）获得的另一条 K 波段光谱显示了电离铁、镁 II、钠 I、He I 谱线，一条带有蓝翼吸收的 Brγ 发射线，以及 CO 带头；这些是多风 B[e]SG 恒星的典型特征（Kraus 2019）。然而，其 GLIMPSE 颜色不像已知 B[e] 恒星那样偏红（见第 6 节的讨论）。

OMN2000LS1 和 DWC2011 140 的周期是可靠的，因为独立巡天和 PDM 分析得出了相互一致的数值。GKF2010 MN51 的周期仍不确定，因为盖亚和 ASAS SN 得出的结果不一致，因此不能将其作为双星性的有力证据。

使用 LS周期图[10]（VanderPlas 2018）分析了三条盖亚 DR3 光变曲线。保留功率最高的频率，分别对应于 P = 390.29、79.86 和 95.07 d，如表1所列。MN51、LS1 和 DWC2011140 的虚警概率分别为 FAP=2.00e-16、FAP=9.79e-15 和 FAP=2.02e-11。

使用 PDM[11]（Stellingwerf 1978）对这些周期进行了确认。对于形状偏离纯正弦曲线的双星光变曲线，PDM 比 LS 方法更适用。由于不对光变曲线的形状作任何假设，PDM 得出的周期更加可靠。最佳拟合周期值分别为 388.08、80.82 和 94.85 d。对两组周期进行比较，确保为 OMN2000 LS1 和 DWC2011 140 获得了可靠的盖亚周期。对于 OMN2000 LS1，我们得到的最佳盖亚周期（80.82 d）与 Lebzelter 等人（2023）在盖亚 DR3 长周期变星星表中报告的周期（P=80.48 d）一致；半振幅（峰峰振幅的一半）为 0.39 mag。

在数据可用时，我们还分析了来自 ASASSN 和 ZTF 的光变曲线。ASAS-SN 的空间分辨率较低（8″）。

[10] Python代码分布在 astropy.timeseries 中。最小周期 P 设为 0.1 d，最大周期 P 设为 2×（最大 − min）d（1700–1900 d）。[11] Python代码遵循 Stellingwerf（1978）的方法。对于 OMN2000 LS1 和 DWC2011140 的周期搜索，采用了 50 至 150 d 的范围；而对于 GKF2010 MN51，搜索周期范围扩大至 10–400 d。使用了五个相位箱，并要求至少有一半的相位箱包含数据。

ZTF 自 2017 年开始运行，具有较高的观测频率（每次可见期间为数分钟至数小时），并且具有 1″ 分辨率，非常适合探测光变曲线特征和次极小值（Chen 等（2020））。OMN2000 LS1 也被 ZTF 和 ASAS-SN巡天观测到，给出的周期为 P= 79.47 d（Chen 等（2020））和 80.63 d（VIZIER II/366/catv2021，Jayasinghe 等人 2019b）。我们使用 LS 方法获得了 P=80.85 d，FAP 为 = 2.859e-54（ASAS-SN）。对于 ZTF 光变曲线，得到 P= 1.010 d，FAP 为 = 5.694e-87；此外还得到 P= 81.91 d，其 FAP 较低，为 1.193e-12。使用 PDM方法时，我们得到的数值略小：P=80.27 d（ASAS-SN）和 80.29 d（ZTF）；此外，ASAS-SN 折叠光变曲线在阶段 0.75 处呈现出明显的下降和/或特征，而观测频率最高的 ZTF 折叠光变曲线显示出明显的次极小值（不对称）。因此，我们将 ZTF 光变曲线通过 PDM 方法得到的周期保留为最佳周期。光变曲线见图 6、7 和 8。

盖亚 Gaia DR3星表仅为 DWC2011 140 列出 P=0.015 d；ASAS-SN星表给出的周期为 P=47.74 d（VizieR II/366/catv2021，Jayasinghe 等人 2019b）。根据 DWC2011 140 的盖亚和 ASAS-SN 光变曲线的 LS周期图，得到 P=95.07 d，FAP=2.02e-11，以及 P= 46.42 d，FAP = 9.174e-05。PDM周期图给出了相符的周期，即 P=94.85 d（盖亚）和 95.07 d（ASAS SN），如图 9 和图 10 所示。我们采用 P=95.07 d。

Gaia DR3 中未列出 GKF2010 MN51 的周期，该恒星也未收录于 ASAS SN 星表（VIZIER II/366/catv2021，Jayasinghe 等人 2019b）。虽然可以获取 ASAS SN 光变曲线，但据此推导出的周期与根据 Gaia 数据推导出的周期不一致。

6. 讨论：候选高光度蓝变星中的周期性变星

对于这两颗可靠的周期性候选 LBV——OMN2000LS1 和 DWC2011 140，应谨慎解读。具有主极小值和次极小值的周期性光变曲线，并非经典 LBV 剑鱼座 S 型变星行为的诊断特征。双星调制、掩食、椭球变星，或双星光与星周辐射的组合，都能更自然地解释这些现象。因此，检测到周期性并不能确认这些天体是 LBV。相反，这表明它们是值得优先开展径向速度监测和高分辨率光谱观测的目标。

DWC2011 140 的波鸿光变曲线呈现出明显的食双星特征（图 9），周期为 P≈95 d，且具有清晰界定的主极小值和次极小值（$\Delta \approx 0.4$ 等）。在 ASAS-SN V 波段光变曲线中也能看到次极小值（尽管噪声较大；$\Delta \approx 0.2$ 等；图 10）。DWC2011 140 的 K 波段光谱显示出 CO发射（Geballe 等人 2019），这一特征更常见于 B[e]SG 的星周盘（Kraus 2019）。尽管如此，根据其光谱变化，Clark 等人 2021 将这颗恒星分类为候选亮蓝变星。

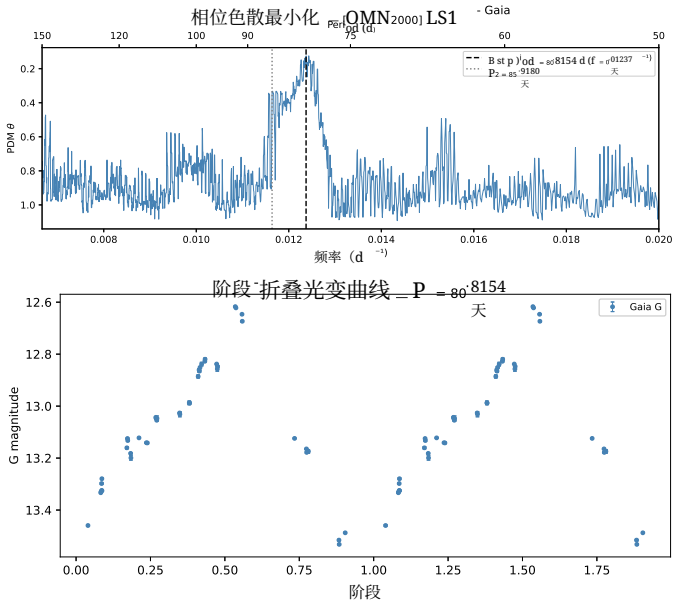

图 6. OMN2000LS1。上图：盖亚 DR3 时间序列的 G波段 PDM 周期图。黑色虚线标示概率最高的频率。下图：盖亚 DR3 相位图。填充的青色圆圈标示 G 波段数据点。采用的周期标注在图题中。

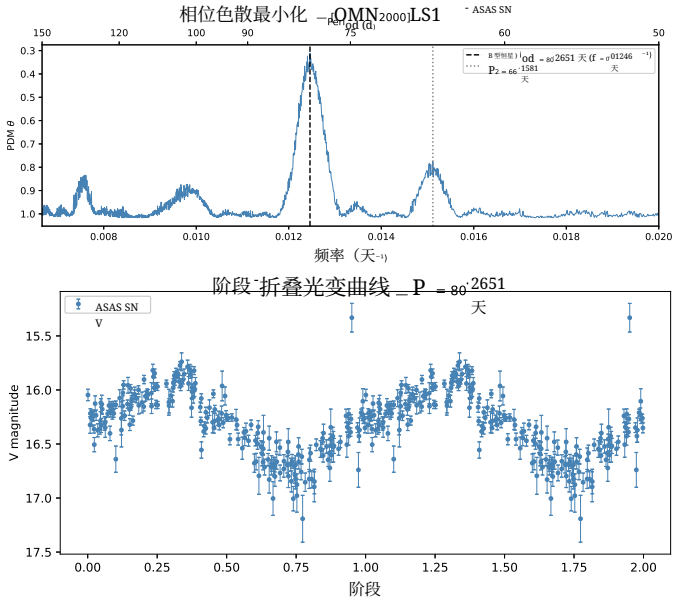

图 7. OMN2000LS1 上图：ASAS SN 时间序列的 V 波段 PDM 周期图。黑色虚线标示概率最高的频率。下图：ASAS SN V 波段相位图。采用最佳 ASAS SN 周期，如图所示。

如图 1 所示，DWC2011 140 光度较暗，远低于 LBV 最小光度带的下边缘（高温侧）。

OMN2000LS1 的 ZTF 光变曲线还显示出明显的次极小及极大值不对称性，这同样与双星系统相符。这颗恒星的光度也并非异常高；它恰好位于 LBV 最低亮度带的边缘（图 1）。

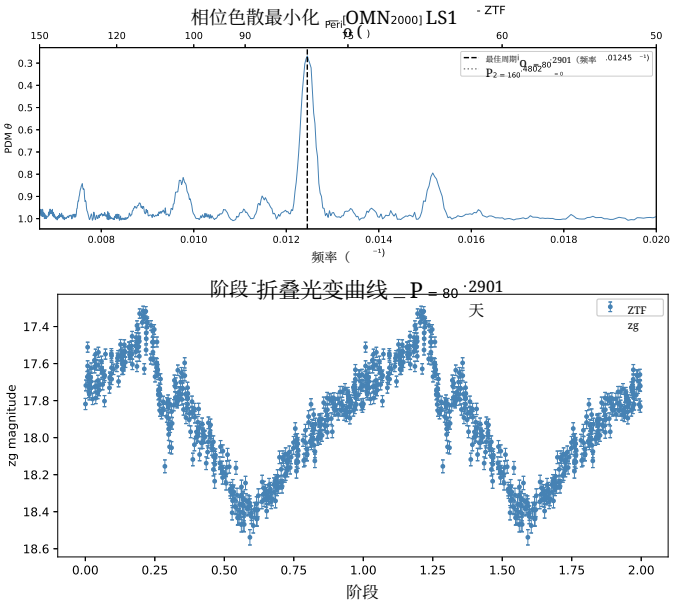

图 8。OMN2000LS1。上图：ZTF 时间序列的 zg 波段 PDM 周期图。黑色虚线标示最高概率频率 P = 80.29 d，ZTF 星表列出的周期为 P= 79.47 d。下图：ZTF 相位图。填充的青色圆圈表示 zg 波段数据点。采用 P=80.29 d，如图所示。

近期关于 M31、M33《星系》和麦哲伦云的文献发现，LBV 中存在两个截然不同的族群：经典 LBV，即位于 Humphreys–Davidson极限之上的高光度族群；以及光度较低的族群（Humphreys等（2016））。后者可以经历红超巨星阶段并向蓝端演化，而经典 LBV 则不会这样演化（历史上也一直被视为单星演化的产物）。这一低光度族群中最暗的成员通常表现出与 B[e] 超巨星（B[e]SG）重叠的性质，例如，它们更加孤立。在 M33 中，大质量 LBV 和/或候选高光度蓝变星聚集程度更高，其分布与其他质量超过 20 $M_\odot$ 的恒星相似（Humphreys等（2016）；Kostenkov等（2025））；而电离铁恒星，即具有电离铁发射的发射线恒星——包括 LBV 和 B[e] 恒星——的分布与质量低于 20 $M_\odot$ 的 OB星（分布更为分散）以及大质量X射线双星（HMXB）供体星相似（Kostenkov等（2025））。然而，在银河系中，当我们绘制已确认双星与表面上为单星的 LBV 和/或候选高光度蓝变星的光度—温度分布时（图 1），并没有发现类似 M33 中所报道的分离现象；两个族群（双星与非双星）存在显著重叠，因此仅凭它们在赫罗图上的位置无法得出确定结论。这一结果进一步支持了更广泛的结论：Gaia DR3 能够有效标记候选高光度蓝变星中的异常变异星，但无法区分 LBV 演化、双星污染或 B[e]SG 类系统。具有周期性变异的暗弱候选高光度蓝变星 DWC2011 140 和 OMN2000 LS1，可能属于低光度 LBV 族群。

Mahy 等（2022）发现，≈70% 的高光度蓝变星处于多星系统中。这些日益增多的证据已大幅修正了关于高光度蓝变星形成及

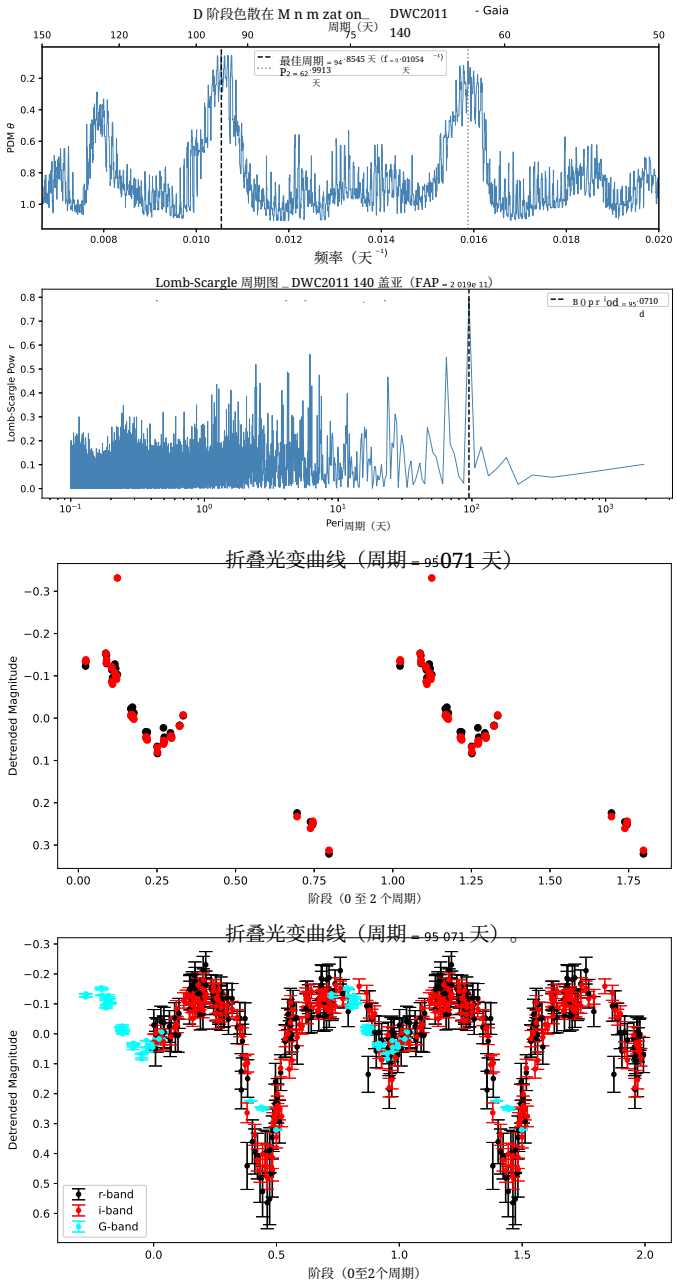

图9。DWC2011 140。第一幅图：DWC2011140的盖亚 DR3 G波段 PDM周期图。黑色虚线标示概率最高的频率。第二幅图：DWC2011140的盖亚 DR3 G波段 LS周期图。黑色虚线标示概率最高的频率。第三幅图：DWC2011140的盖亚 DR3相位图。黑色实心圆表示 G波段数据点，红色实心圆表示 RP 波段数据点。采用的最佳周期标注在图题中。第四幅图：盖亚 DR3 G波段相位图（青色）叠加在波鸿巡天相位图上（r波段为黑色，i波段为红色）。波鸿相位使用盖亚 DR3周期计算。盖亚 数据的阶段偏移了 –0.3。

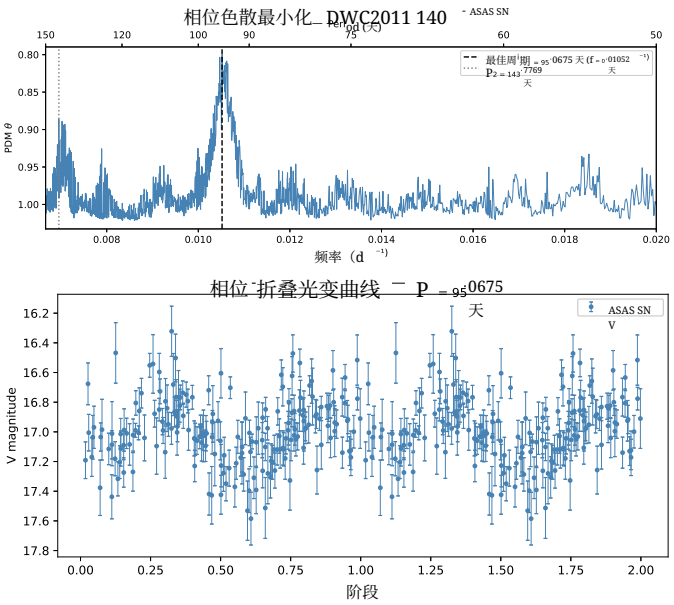

图 10。DWC2011140。上图：DWC2011 140 的 ASAS SN 时间序列的 V 波段 PDM 周期图。黑色虚线标出概率最高的第一个频率。下图：DWC2011 140 的 ASAS SN V 波段相位图。

演化的传统单星图景。三颗已确认的高光度蓝变星 ηCarinae[12], HR Carinae 和 WRAY 15-751，以及两颗候选高光度蓝变星 MWC 314 以及 HD 326823，均为双星或双星候选体（例如，Lobel 与 Gorlova 2025；Mahy 等（2022））。干涉观测还在其他若干高光度蓝变星和候选高光度蓝变星周围发现了伴星（目视双星）（ηCarinae、P Cygni、HR Carinae、AG Carinae、W 243、HD 160529、MN 46、HD 326823；Mahy 等（2022））。

大多数经典 LBV 被认为是宽距双星，或看起来是单星，其伴星距离过远，不会产生掩食。记录详尽的掩食实例包括小麦哲伦云中的三合星系统 HD 5980（B1.5 Ia + WN4–6+ O；Koenigsberger 等，2014；Moffat 等，1998），以及银河系 Ofpe/WN9食双星 GCIRS 16SW（P = 97d；Martins 等，2006）。HD 326823（Richardson 等，2011）和候选高光度蓝变星 MWC 314（Lobel 等，2013；Richardson 等，2016）均有偏食报告。大麦哲伦云恒星 R81 曾被认为是食双星中的一颗高光度蓝变星（Tubbesing 等，2000），但近期在其光变曲线显示出纯粹的轨道特征（而非由恒星风驱动的特征）后，被重新归类为普通双星（Martin 等，2025）。完全规则的周期和恒定振幅则是双星运动的典型特征，并可有效排除其为内禀高光度蓝变星变星的可能——DWC2011 140 和 OMN2000 LS1 的阶段图看起来很规则，但其光谱观测中检测到了谱线变化和 P Cygni 轮廓。

尽管通过TESS探测到的食双星数量迅速增加（≥5000 个新系统），食超巨星仍然很罕见（Prˇsa等，2022）。在数量多得多的Be星中，根据TESS数据，只有V658 Carinae被确认是食Be+OB双星（de Amorim等，2025）。Kraus（2019）列出了M31中的两颗食双星 B[e]SG，以及银河系中的一颗（GG Carinae）；GG Carinae的变异性还源于盘—盘相互作用以及双星和/或星风相互作用，而非纯粹的

[12] ηCarinae在Lobel与Gorlova（2025）和Mahy 等（2022）中均被报道为双星；更准确地说，它是一颗长周期双星候其伴星从未被直接探测到的候选体（Damineli 1996；Weigelt et al. 2007）。

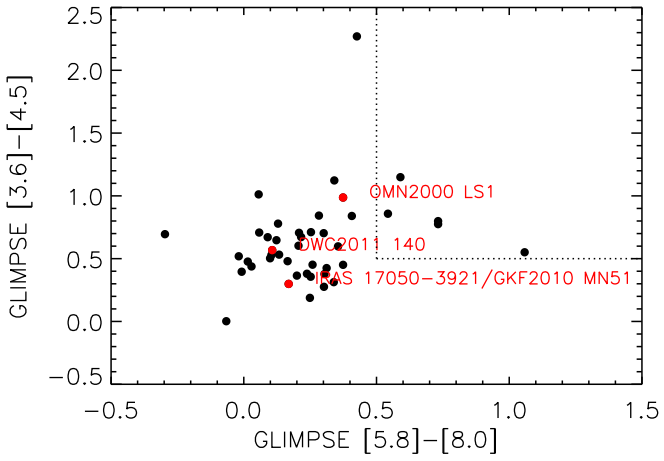

图 11。高光度蓝变星和候选高光度蓝变星的 GLIMPSE [5.8] − [8.0] 与 GLIMPSE [3.6] −[4.5]关系图。B[e] 恒星通常落在虚线框内（[5.8] − [8.0] > 0.5 等，[3.6] −[4.5] > 0.5 等）（Kalari等（2026））。实心红色圆点及标签（OMN2000LS1、DWC2011 140 和 GKF2010 MN51）标出了本文报告的周期变星，其中 OMN2000 LS1 和 DWC2011 140 为食双星。

几何掩食（Porter等（2022，2021）），并表现出异步变化。

尘埃型高光度蓝变星大多与其外层壳中的冷尘埃（≈ 100 K）相关，这些冷尘埃会在波长长于 10 µm 时产生强烈的红外超量（Pasquali等（2002））；而许多 B[e] 超巨星则具有暖尘埃（300–1000 K），会在长于 1 µm、介于 3 和 8 µm 之间的波段形成明显的中红外隆起（Clark等（1999）；Humphreys等（2017）；Kalari等（2026）；Messineo等（2020））。事实上，高光度蓝变星和 B[e] 恒星具有不同的 GLIMPSE 颜色（Kalari等（2026）），因为盘状 B[e] 更红。已知高光度蓝变星的 GLIMPSE 颜色比 Kalari 所划定的 B[e]SG 区域更蓝（[3.6] − [4.5] > 0.5 等和 [5.8] − [8.0] > 0.5），而如图 11 所示，探测到的三个周期变星也不像 B[e]SG 恒星那样红，分别为（0.3 等，0.17 等）、（0.57 等，0.11 等）、（0.99，0.37 等）。食双星缺少 WISE W3 和/或 W4 测量[13]。

总之，DWC2011 140 和 OMN2000LS1 是两个候选银河系过渡天体，其发射线具有 P Cygni 轮廓；它们的光变曲线呈现出明显的主极小值和次极小值。要获取径向速度时间序列，进行高分辨率光谱监测至关重要，以便（i）确认是否存在伴星，（ii）推导轨道参数，以及（iii）分离主星固有的任何可变大气特征。食双星仍是约束演化模型和动力学模型的关键，因为它们能够直接测得恒星质量和半径。

7. 总结

我们汇编了一个经过严格审查的75颗银河系高光度蓝变星和候选高光度蓝变星样本，并整合了红外测光、Gaia DR3源信息、Gaia XP光谱以及来自时域测光的 Gaia DR3、波鸿、ASASSN和ZTF数据。主要结论如下。

1. Gaia DR3 光变曲线有助于识别高光度蓝变星和候选高光度蓝变星中的变异性，但 2.8 年的观测基线太短，无法通过 S Doradus 周期确认大多数高光度蓝变星，也远不足以覆盖巨型爆发。因此，仅凭盖亚的变异性不足以确认高光度蓝变星。

2. 已确认的银河系高光度蓝变星的 Gaia 振幅范围很广。在 Gaia DR3 时间段内，只有一部分恒星的 RP 波段振幅超过约 0.6 等。这个阈值有助于筛选适合后续观测的候选高光度蓝变星，但并非分类界限。

3. 有五颗候选高光度蓝变星的 Gaia RP 波段变化幅度超过约 0.6 等。波鸿巡天还突出了另外两个或与上述目标重叠的个例。这些天体值得开展进一步的光谱和测光监测，尤其是那些光变曲线非周期性、且类似高光度蓝变星缓慢变化的天体。

4. OMN2000 LS1 和 DWC2011 140 表现出显著的周期性，周期分别为 P=80.29 天和 95.07 天。它们的折叠光变曲线呈现出与双星调制相符的特征，包括主极小值和次极小值。因此，这些恒星应视为双星候选体，而非新确认的经典 LBV。

5. 红外目录仍是重要的辅助材料，因为它能够在拥挤且消光严重的银盘区域验证源识别，并提供星周尘埃背景信息，以便将候选高光度蓝变星与类似 B[e]SG 的天体或其他受污染的天体区分开来。该目录现已公开。

6. 未来的研究进展需要开展长基线监测，将测光、颜色变化、光谱学和径向速度结合起来。盖亚、ASASSN、ZTF 以及未来的 LSST 观测将是强有力的发现工具，但确认 LBV状态仍将是一个需要结合历史记录和多种诊断方法的问题。

8. 数据可用性

高光度蓝变星和候选高光度蓝变星的 XP 光谱图集可在 lbv bprp dr3_github 获取。红外搜寻图图集也可通过同一链接 lbv bprp dr3 github 获取。 - - -

致谢。本文使用了欧洲航天局（ESA）盖亚（Gaia）任务的数据（http : //www.cosmos.esa.int/gaia），这些数据由Gaia数据处理与分析联盟（DPAC，http : //www.cosmos.esa.int/web/gaia/dpac/consortium）处理。DPAC的经费由各国机构提供，尤其是参与Gaia多边协议的机构。本出版物使用了二微米全天巡天的数据产品。该巡天是马萨诸塞大学与红外处理与分析中心/加州理工学院的联合项目，经费由美国国家航空航天局和美国国家科学基金会提供。本文基于斯皮策空间望远镜的观测数据；该望远镜由喷气推进实验室（加州理工学院）根据与美国国家航空航天局签订的合同运营。本研究使用了中段空间实验的数据产品，其数据处理经费由弹道导弹防御组织提供，并得到美国国家航空航天局空间科学办公室的额外支持。本出版物使用了WISE的数据产品。WISE是加州大学洛杉矶分校与喷气推进实验室/加州理工学院的联合项目，经费由美国国家航空航天局提供。我们感谢Martin Haas发布波鸿巡天数据。ASAS SN通过以下机构和项目获得支持：戈登和贝蒂·摩尔基金会向俄亥俄州立大学提供的GBMF5490资助、美国国家科学基金会AST-1515927和AST-1908570号资助、阿尔弗雷德·P·斯隆基金会G-2021-14192号资助、芒特古巴天文基金会、俄亥俄州立大学宇宙学与天体粒子物理中心、中国科学院南美天文中心（CASSACA）、维伦基金会以及George Skestos。ASAS SN也部分由拉斯坎布雷斯天文台托管。观测使用了塞缪尔·奥斯钦望远镜48英寸望远镜和

[13] 一份关于高光度蓝变星和 B[e] 星的 WISE 颜色以及利用红外消光无关颜色确定筛选标准的简短报告正在撰写中（另见 Messineo等（2012））。

帕洛马天文台的60英寸望远镜，作为兹威基瞬变巡天项目的一部分。ZTF由美国国家科学基金会通过AST-1440341和AST-2034437号拨款提供支持，合作机构包括现有合作伙伴加州理工学院、IPAC、斯德哥尔摩大学奥斯卡·克莱因中心、马里兰大学、加州大学伯克利分校、威斯康星大学密尔沃基分校、华威大学、鲁尔大学、康奈尔大学、西北大学和德雷塞尔大学。项目由COO、IPAC和华盛顿大学负责运营。本研究使用了VizieR目录访问工具，以及法国斯特拉斯堡的CDS和SIMBAD数据库。本研究使用了美国国家航空航天局天体物理数据系统的文献服务。

我们感谢 Python、Astropy、NumPy、Pandas、Pivo、SciPy 和 Matplolib 社区提供的软件包。本星表谨献给我们尊敬的同事 Simon Clark 博士、Vasilii Gvaramadze 博士和 Karl Menten 博士，以缅怀他们。作者对 Paco Najarro 博士为收集的高光度蓝变星列表提供意见表示无限感激。我们感谢匿名审稿人以及《天文学与天体物理学》编辑的建议与耐心。

参考文献

Agliozzo, C., Noriega-Crespo, A., Umana, G., 等. 2014, 《皇家天文学会月刊》, 440, 1391 Arun, R., Prasoon, S. A., Mathew, B., 等. 2025, 《皇家天文学会月刊》, 543, 3214 Bailer-Jones, C. A. L., Rybizki, J., Fouesneau, M., Demleitner, M., & Andrae, R. 2021, 《天文学杂志》, 161, 147 Bernini-Peron, M., Sander, A. A. C., Sabhahit, G. N., 等. 2026, 《天文学与天体物理学》, 708, A206 Bibby, J. L., Crowther, P. A., Furness, J. P., & Clark, J. S. 2008, 《皇家天文学会月刊》, 386, L23 Borges Fernandes, M., de Ara´ujo, F. X., Bastos Pereira, C., & Codina Landaberry, S. J. 2001, 《天体物理学杂志增刊》, 136, 747 Buemi, C., Distefano, E., Leto, P., 等. 2011, 《列日皇家科学学会通报》, 80, 351 Chen, X., Wang, S., Deng, L., 等. 2020, 《天体物理学杂志增刊》, 249, 18 Churchwell, E., Babler, B. L., Meade, M. R., 等. 2009, 《太平洋天文学会出版物》, 121, 213 Clark, J. S., Crowther, P. A., Larionov, V. M., 等. 2009a, 《天文学与天体物理学》, 507, 1555 Clark, J. S., Davies, B., Najarro, F., 等. 2009b, 《天文学与天体物理学》, 504, 429 Clark, J. S., Egan, M. P., Crowther, P. A., 等. 2003a, 《天文学与天体物理学》, 412, 185 Clark, J. S., Larionov, V. M., & Arkharov, A. 2005, 《天文学与天体物理学》, 435, 239 Clark, J. S., Larionov, V. M., Crowther, P. A., Egan, M. P., & Arkharov, A. 2003b, 《天文学与天体物理学》, 403, 653 Clark, J. S., Patrick, L. R., Najarro, F., Evans, C. J., & Lohr, M. 2021, 《天文学与天体物理学》, 649, A43 Clark, J. S., Steele, I. A., Fender, R. P., & Coe, M. J. 1999, 《天文学与天体物理学》, 348, 888 Clark, J. S., Steele, I. A., & Langer, N. 2000, 《天体物理学杂志》, 541, L67 Conti, P. S., Hanson, M. M., Morris, P. W., Willis, A. J., & Fossey, S. J. 1995, 《天体物理学杂志》, 445, L35 Cutri, R. M., Skrutskie, M. F., van Dyk, S., 等. 2003, 2MASS全天目录点源。Damineli, A. 1996, 《天体物理学杂志》, 460, L49 Davidson, K., Humphreys, R. M., Hajian, A., & Terzian, Y. 1993, 《天体物理学杂志》, 411, 336 de Amorim, T. H., Carciofi, A. C., Labadie-Bartz, J., 等. 2025, 《天体物理学杂志》, 995, 87 De Angeli, F., Weiler, M., Montegriffo, P., 等. 2023, 《天文学与天体物理学》, 674, A2 de Groot, M. 1988, 《爱尔兰天文学杂志》, 18, 163 Deman, J. A. & Oey, M. S. 2024, 《天体物理学杂志》, 976, 125 Dong, H., Wang, Q. D., Cotera, A., 等. 2011, 《皇家天文学会月刊》, 417, 114 Egan, M. P., Clark, J. S., Mizuno, D. R., 等. 2002, 《天体物理学杂志》, 572, 288 Egan, M. P., Price, S. D., Kraemer, K. E., 等. 2003, VizieR在线数据目录, 5114 Elliott, A., Richardson, N. D., Pablo, H., 等. 2022, 《皇家天文学会月刊》, 509, 4246 Eyer, L., Audard, M., Holl, B., 等. 2023, 《天文学与天体物理学》, 674, A13 Figer, D. F., McLean, I. S., & Najarro, F. 1997, 《天体物理学杂志》, 486, 420 Figer, D. F., Najarro, F., & Kudritzki, R. P. 2004, 《天体物理学杂志》, 610, L109 Figer, D. F., Najarro, F., Messineo, M., Clark, J. S., & Menten, K. M. 2020, 《天体物理学杂志》, 901, L15 Fortin, F., Garc´ıa, F., Simaz Bunzel, A., & Chaty, S. 2023, 《天文学与天体物理学》, 671, A149 Geballe, T. R., Lambrides, E., Schlegelmilch, B., 等. 2019, 《天体物理学杂志》, 872, 103 Geballe, T. R., Najarro, F., & Figer, D. F. 2000, 《天体物理学杂志》, 530, L97 Groh, J. H., Madura, T. I., Owocki, S. P., Hillier, D. J., & Weigelt, G. 2010, 《天体物理学杂志》, 716, L223 Gutermuth, R. A. & Heyer, M. 2015, 《天文学杂志》, 149, 64 Guzik, J. A. & Lovekin, C. C. 2012, 《天文学评论》, 7, 13 Gvaramadze, V. V. & Kniazev, A. Y. 2017, 载于《太平洋天文学会会议系列》, 第508卷, 《B[e] 现象：四十年的研究》, A. Miroshnichenko、S. Zharikov、D. Kor˘c´akov´a 和 M. Wolf 编, 207 Gvaramadze, V. V., Kniazev, A. Y., & Berdnikov, L. N. 2015, 《皇家天文学会月刊》, 454, 3710 Gvaramadze, V. V., Kniazev, A. Y., Berdnikov, L. N., 等. 2014, 《皇家天文学会月刊》, 445, L84 Gvaramadze, V. V., Kniazev, A. Y., & Fabrika, S. 2010a, 《皇家天文学会月刊》, 405, 1047 Gvaramadze, V. V., Kniazev, A. Y., Fabrika, S. 等 2010b, 《皇家天文学会月刊》, 405, 520 Gvaramadze, V. V., Kniazev, A. Y., Miroshnichenko, A. S. 等 2012, 《皇家天文学会月刊》, 421, 3325 Haas, M., Hackstein, M., Ramolla, M. 等 2012, 《天文学报》, 333, 706 Hillier, D. J., Crowther, P. A., Najarro, F., & Fullerton, A. W. 1998, 《天文学与天体物理学》, 340, 483 Hillier, D. J., Davidson, K., Ishibashi, K., & Gull, T. 2001, 《天体物理学杂志》, 553, 837 Humphreys, R. M. & Davidson, K. 1994, 《太平洋天文学会出版物》, 106, 1025 Humphreys, R. M., Gordon, M. S., Martin, J. C., Weis, K., & Hahn, D. 2017, 《天体物理学杂志》, 836, 64 Humphreys, R. M., Weis, K., Davidson, K., & Gordon, M. S. 2016, 《天体物理学杂志》, 825, 64 Jayasinghe, T., Dixon, D., Povich, M. S. 等 2019a, 《皇家天文学会月刊》, 488, 1141 Jayasinghe, T., Stanek, K. Z., Kochanek, C. S. 等 2019b, 《皇家天文学会月刊》, 486, 1907 Jim´e nez-Esteban, F. M., Rizzo, J. R., & Palau, A. 2010, 《天体物理学杂志》, 713, 429 Kalari, V. M., Vink, J. S., Furey, C. 等 2026, 《天文学与天体物理学》, 708, A343 Kervella, P., Arenou, F., & Th´evenin, F. 2022, 《天文学与天体物理学》, 657, A7 Kniazev, A. & Gvaramadze, V. 2015, 载于2015年SALT科学会议（SSC2015）, 49 Kniazev, A. Y., Gvaramadze, V. V., & Berdnikov, L. N. 2015, 《皇家天文学会月刊》, 449, L60 Koenigsberger, G., Morrell, N., Hillier, D. J. 等 2014, 《天文学杂志》, 148, 62 Kostenkov, A., Fabrika, S., Kaldybekova, A. 等 2025, 《天文学与天体物理学研究》, 25, 045001 Kostenkov, A., Fabrika, S., Sholukhova, O., Sarkisyan, A., & Bizyaev, D. 2020, 《皇家天文学会月刊》, 496, 5455 Kraus, M. 2019, 《星系》, 7, 83 Kraus, M., Arias, M. L., Cidale, L. S., & Torres, A. F. 2020, 《皇家天文学会月刊》, 493, 4308 Lau, R. M., Herter, T. L., Morris, M. R., & Adams, J. D. 2014, 《天体物理学杂志》, 785, 120 Lebzelter, T., Mowlavi, N., Lecoeur-Taibi, I. 等 2023, 《天文学与天体物理学》, 674, A15 Levesque, E. M., Lamers, H. J. G. L. M., & de Koter, A. 2025, 《天体物理学杂志》, 981, 176 Lim, B., Naz´e, Y., Chang, S.-J., & Hutsem´ekers, D. 2024, 《天体物理学杂志》, 961, 72 Limongi, M. 2017, 载于《超新星手册》, A. W. Alsabti & P. Murdin 编, 513 Lobel, A. & Gorlova, N. 2025, 《星系》, 13, 29 Lobel, A., Groh, J. H., Martayan, C. 等 2013, 《天文学与天体物理学》, 559, A16 Lucas, P. W., Hoare, M. G., Longmore, A. 等 2008, 《皇家天文学会月刊》, 391, 136 Mahy, L., Lanthermann, C., Hutsem´ekers, D. 等 2022, 《天文学与天体物理学》, 657, A4 Marcolino, W. L. F., de Ara´ujo, F. X., Lorenz-Martins, S., & Fernandes, M. B. 2007, 《天文学杂志》, 133, 489 Martin, J. C., Humphreys, R. M., & Davidson, K. 2025, 《天体物理学杂志》, 994, 159 Martins, F., Trippe, S., Paumard, T. 等 2006, 《天体物理学杂志》, 649, L103 Maryeva, O. V., Gvaramadze, V. V., Kniazev, A. Y., & Berdnikov, L. N. 2020, 《皇家天文学会月刊》, 498, 5093 Maryeva, O. V., Karpov, S. V., Kniazev, A. Y., & Gvaramadze, V. V. 2022, 《皇家天文学会月刊》, 513, 5752 Mauerhan, J. C., Cotera, A., Dong, H. 等 2010a, 《天体物理学杂志》, 725, 188 Mauerhan, J. C., Morris, M. R., Cotera, A. 等 2010b, 《天体物理学杂志》, 713, L33 Messineo, M., Clark, J. S., Figer, D. F. 等 2015, 《天体物理学杂志》, 805, 110 Messineo, M., Davies, B., Figer, D. F. 等 2011, 《天体物理学杂志》, 733, 41 Messineo, M., Habing, H. J., Menten, K. M. 等 2005, 《天文学与天体物理学》, 435, 575 Messineo, M., Menten, K. M., Churchwell, E., & Habing, H. 2012, 《天文学与天体物理学》, 537, A10 Messineo, M., Menten, K. M., Figer, D. F., & Clark, J. S. 2020, 《天文学杂志》, 160, 65 Messineo, M., Menten, K. M., Figer, D. F. 等 2014, 《天文学与天体物理学》, 569, A20 Minniti, D., Lucas, P., & Vvv Team. 2017, VizieR在线数据目录: VISTA银河系巡天变星目录DR2（Minniti+, 2017）, VizieR在线数据目录: II/348。最初发表于: 《天文学与天体物理学》, 537, A107（2002） Miroshnichenko, A. S., Bjorkman, K. S., Grosso, M. 等 2005, 《皇家天文学会月刊》, 364, 335 Miroshnichenko, A. S., Fremat, Y., Houziaux, L. 等 1998, 《天文学与天体物理学增刊》, 131, 469 Moffat, A. F. J., Marchenko, S. V., Bartzakos, P. 等 1998, 《天体物理学杂志》, 497, 896 Najarro, F., Figer, D. F., Hillier, D. J., Geballe, T. R., & Kudritzki, R. P. 2009, 《天体物理学杂志》, 691, 1816 Naz´e, Y., Rauw, G., & Hutsem´ekers, D. 2012, 《天文学与天体物理学》, 538, A47 Nishiyama, S., Nagata, T., Kusakabe, N. 等 2006, 《天体物理学杂志》, 638, 839 Nogueras-Lara, F., Sch¨odel, R., Gallego-Calvente, A. T. 等 2019, 《天文学与天体物理学》, 631, A20 Nota, A., Livio, M., Clampin, M., & Schulte-Ladbeck, R. 1995, 《天体物理学杂志》, 448, 788 Pasquali, A., Nota, A., Smith, L. J. 等 2002, 《天文学杂志》, 124, 1625 Polcaro, V. F., Norci, L., & Miroshnichenko, A. S. 2006, 载于《太平洋天文学会会议系列》第355卷, 《具有B[e] 现象的恒星》, M. Kraus & A. S. Miroshnichenko 编, 197 Porter, A., Blundell, K., & Lee, S. 2022, 《皇家天文学会月刊》, 509, 1720 Porter, A., Grant, D., Blundell, K., & Lee, S. 2021, 《皇家天文学会月刊》, 501, 5554 Prasoon, S. A., Banerjee, G., Arun, R., Mathew, B., & Gopinathan, M. 2025,

Mapana Journal of Sciences，24 Pr˘sa, A., Kochoska, A., Conroy, K. E. 等 2022，《天体物理学杂志增刊》，258，16 Richardson, N. D., Gies, D. R., & Williams, S. J. 2011，《天文学杂志》，142，201 Richardson, N. D. & Mehner, A. 2018，《美国天文学会研究札记》，2，121 Richardson, N. D., Moffat, A. F. J., Maltais-Tariant, R. 等 2016，《皇家天文学会月刊》，455，244 Skrutskie, M. F., Cutri, R. M., Stiening, R. 等 2006，《天文学杂志》，131，1163 Smith, L. J., Crowther, P. A., & Prinja, R. K. 1994，《天文学与天体物理学》，281，833 S mith, N. 2019，《皇家天文学会月刊》，489，4378 Smith, N. 2025，《天体物理学百科全书》，2，508 Smith, N. & Frew, D. J. 2011，《皇家天文学会月刊》，415，2009 Smith, N., Li, W., Silverman, J. M., Ganeshalingam, M., & Filippenko, A. V. 2011，《皇家天文学会月刊》，415，773 Smith, N. & Tombleson, R. 2015，《皇家天文学会月刊》，447，598 Smith, N., Vink, J. S., & de Koter, A. 2004，《天体物理学杂志》，615，475 Spejcher, B., Richardson, N. D., Pablo, H. 等 2025，《天文学杂志》，169，128 Stahl, O., Jankovics, I., Kov´acs, J. 等 2001，《天文学与天体物理学》，375，54 Stellingwerf, R. F. 1978，《天体物理学杂志》，224，953 Sterken, C., de Groot, M. J. H., & van Genderen, A. M. 1996，《天文学与天体物理学增刊》，116，9 Sterken, C., van Genderen, A. M., Plummer, A., & Jones, A. F. 2008，《天文学与天体物理学》，484，463 Trams, N. R., Voors, R. H. M., & Waters, L. B. F. M. 1998，《天文学与空间物理学》，255，195 Tubbesing, S., Kaufer, A., Stahl, O. 等 2000，载于《太平洋天文学会会议系列》第204卷，《热星流出物的热学与电离特征》，H. Lamers & A. Sapar 编，107 van Genderen, A. M. 2001，《天文学与天体物理学》，366，508 van Genderen, A. M., de Groot, M., & Sterken, C. 1997a，《天文学与天体物理学增刊》，124，517 van Genderen, A. M., Sterken, C., & de Groot, M. 1997b，《天文学与天体物理学》，318，81 van Genderen, A. M., The, P. S., de Winter, D. 等 1992，《天文学与天体物理学》，258，316 VanderPlas, J. T. 2018，《天体物理学杂志增刊》，236，16 Voors, R. H. M., Geballe, T. R., Waters, L. B. F. M., Najarro, F., & Lamers, H. J. G. L. M. 2000，《天文学与天体物理学》，362，236 Wachter, S., Mauerhan, J. C., Van Dyk, S. D. 等 2010，《天文学杂志》，139，2330 Weigelt, G., Kraus, S., Driebe, T. 等 2007，《天文学与天体物理学》，464，87 Weis, K. & Bomans, D. J. 2020，《星系》，8，20 Wright, E. L., Eisenhardt, P. R. M., Mainzer, A. K. 等 2010，《天文学杂志》，140，1868

附录 A：已知高光度蓝变星的光度

高光度蓝变星的光度和温度收集自文献，并列于表 A.1 中。当有盖亚 DR3 视差可用时（见第 4 节），保留 Bailer-Jones 等（2021）给出的盖亚距离，并对光度进行重新标定。我们注意到 Bernini-Peron 等（2026）的新论文，该论文是在我们投稿期间看到的。我们的汇编中包含一些未收录于 Bernini-Peron 等（2026）新工作的恒星。

附录 B：盖亚 DR3 对应源及光度变化表

14 颗银河系高光度蓝变星和 36 颗具有盖亚 DR3 对应源的候选高光度蓝变星列于表 B.1 中。光度变化估计为盖亚 DR3、ASAS SN 和 Bochum 光变曲线中的最大星等减去最小星等。

附录C：红外测光

我们在 2MASS、MSX、WISE、GLIMPSE 和 MIPSGAL 星表中搜索了匹配项，并进行了目视检查。近红外二微米全天巡天（2MASS）巡天的相关介绍见 Skrutskie 等（2006）和 Cutri 等（2003）。在收集的 75 颗恒星中，有 74 颗具有 2MASS 对应源；对于 1 颗没有 2MASS 数据的恒星，SIMBAD 给出了 K 波段星等。

对于 51 颗恒星，在中段空间实验星表（MSX，CDS 中的星表 V/114/msx6 gp，Egan 等 2003）中保留了位置偏差在 5″ 以内的匹配项；对于 64 颗恒星，在 WISE 巡天（CDS 中的星表 II/328/allwise，Wright 等 2010）中找到了匹配项；对于 58 颗恒星，在 GLIMPSE 星表（CDS 中的星表 II/293）巡天中找到了位置偏差在 4″ 以内的匹配项（Churchwell 等 2009）；对于 35 颗恒星，在 MIPSGAL 24 微米巡天（CDS 中的星表 J/AJ/149/64，Gutermuth 和 Heyer 2015）中找到了匹配项。总之，所有恒星都有一些可用的中红外测量数据。

由于有几个目标位于拥挤场区或明亮星云中，因此对所有自动红外匹配源进行了目视检查。对于 DWC2011141，由于其 2MASS 图像存在混淆，HK 测量取自 Dong 等人（2011 年）。

由于存在混淆，部分 WISE 测量被舍弃——2MASS J 17461798−2849034、2MASS J17453782−2857161、2MASS J 17454015−2900276、2MASS J19234764+1436391、G0.120-0.048、GKF2010 MN30、2MASS J17445538−2941284、DWC2011 140、高光度蓝变星 1806−20、GKF2010 MN79、GKF2010MN81、GKF2010 MN68、GKF2010 MN76、高光度蓝变星 1813−178、GKF2010 MN87、GKF2010 MN96、DWC2011 141。

28颗恒星同时拥有来自MSX和GLIMPSE巡天的8 μm测量值；其 A − [8.0] 颜色的平均值为+0.08 mag，均方根为 +0.51 mag。

对于本文报道的食双星DWC2011 140，我们保留了2MASS测光（K_s= 7.030 ± 0.020 mag，质量为“AAA”），与Geballe等（2019）和Clark等（2021）的研究相同。2MASS星等也与SIRIUS巡天的测量结果一致（H =7.6 mag，K = 7.0 mag；Dong等（2011）；Nishiyama等（2006））。Nogueras-Lara等（2019）报告的K星等为$_s$= 11.744 ± 0.088 mag。然而，该恒星在UKIDSS图像（Kmag1= 11.004 ± 0.002 mag，Lucas等（2008））和VVV图像（Ksmag3= 7.941 ± 0.003 mag，Minniti等（2017））中均已饱和。

高光度蓝变星和候选高光度蓝变星的红外测量值列于表 C.1 中。

表 A.1. 高光度蓝变星和候选高光度蓝变星的光度与温度。这些数值收集自文献。

Name	类别-分类	Lum1	温度1 [K]	Lum2	温度2 [K]	距离模数 DM（文献） [星等]	DM [星等]	ϖ/σ_ϖ	参考文献
η船底座	LBV	6.70	35200	6.70	..	11.81	..	..	16, 18
P Cygni	LBV	5.87	20500	5.67	18500	11.02	$10.95^{0.22}_{-0.21}$	7.73	8, 1
HR Carinae	LBV	5.60	19000	5.50	9000	13.31	..	..	8, 1
AG Carinae	LBV	6.17	24000	5.77	7500	13.55	$13.48^{0.20}_{-0.18}$	9.22	41, 34, 8, 1
WRA15-751/爱尔兰共和军 11065−6026	LBV	6.10	28840	5.60	8413	13.89	$14.40^{0.25}_{-0.26}$	4.28	26
GKM2012 WS1	LBV	4.50	22000	4.50	12000	14.39	$14.39^{0.25}_{-0.21}$	2.79	10, 3, 8
WRAY 16-137	LBV	6.05	18000	6.05	..	12.65	$12.66^{0.35}_{-0.27}$	4.55	14, 3
GKF2010 MN44	LBV	6.40	12000	6.40	..	15.88	..	..	20, 11, 3
W243	LBV	6.30	18500	6.10	8000	14.37	$14.39^{0.60}_{-0.81}$	0.10	8, 1
GKM2012 MN48	LBV	5.50	15000	5.40	13000	11.53	$13.52^{0.66}_{-0.59}$	1.33	8, 1
WRAY 17-96	LBV	6.25	13000	6.25	..	13.27	$13.29^{0.47}_{-0.57}$	1.51	33
HD 160529	LBV	5.29	11500	5.19	7000	11.25	$11.23^{0.16}_{-0.12}$	14.55	8, 1
G波段0.120−0.048	LBV	6.60	12000	6.60	..	14.52	..	..	22, 13, 10
FMM362	LBV	6.20	11300	6.20	..	14.52	..	..	36, 22, 24, 10
MWC 930	LBV	5.60	22500	5.60	..	12.39	$14.27^{0.71}_{-0.56}$	1.84	29
G24.73+0.69	LBV	5.60	12000	5.60	..	13.58	$13.66^{1.18}_{-0.61}$	0.61	32
AFGL2298	LBV	6.20	11700	6.30	10300	15.00	..	..	31, 23
SBW20071	cLBV	5.29	21000	5.29	..	14.23	$13.69^{0.14}_{-0.10}$	8.41	8
HEN3-519	cLBV	5.58	27500	5.58	..	14.52	$14.32^{0.28}_{-0.26}$	5.75	43, 42
WRAY 15-906	cLBV	5.63	25000	5.63	..	12.74	$13.31^{0.21}_{-0.22}$	7.36	6, 9
IRAS 16115-5044	cLBV	5.75	11000	5.75	..	12.83	$12.42^{0.51}_{-0.67}$	1.62	7, 5, 9
HD 326823	cLBV	5.10	22000	4.90	20000	10.70	$10.71^{0.05}_{-0.05}$	29.32	27, 8, 1
手枪星	cLBV	6.20	11800	6.20	..	14.52	..	..	24
HD 316285	cLBV	5.83	15000	5.83	..	11.34	$12.32^{0.17}_{-0.18}$	8.86	38
LBV 1806-20	cLBV	5.70	24000	5.70	..	14.70	..	..	30, 25
LBV 1813-178	cLBV	5.32	16000	5.32	..	13.41	$12.01^{0.32}_{-0.29}$	3.04	17
G23_CCLBV	cLBV	5.06	13200	5.06	..	13.31	$12.25^{0.70}_{-0.48}$	1.64	15
G25.5+0.2	cLBV	5.90	34000	5.90	..	15.81	..	..	35, 32
G26.47+0.02	cLBV	6.00	17000	6.00	..	14.06	..	..	32
MWC 314	cLBV	6.31	25000	6.31	..	12.39	$12.92^{0.18}_{-0.17}$	9.06	39
OMN2000 LS1	cLBV	5.30	13400	5.30	..	12.66	$13.27^{0.62}_{-0.42}$	1.34	23
GKF2010 MN112	cLBV	6.18	17400	6.18	..	15.66	..	..	19, 2
G79.29+0.46	cLBV	5.40	20400	5.40	..	11.15	$11.15^{0.23}_{-0.23}$	5.35	40, 37, 21, 12
DWC2011 140	cLBV	4.89	21500	4.89	..	..	$10.92^{0.25}_{-0.20}$	5.49	

– Lum1、Temp1、Lum2、Temp2、DM（文献）均收集自所列参考文献。当 Gaia DR3 ϖ/σ_ϖ 大于 4 时，使用 Bailer-Jones 等（2021）基于 Gaia DR3 距离对 Lum1 和 Lum2 进行了修正。– DMlit= 从文献中收集的 DM 值。– DM= 使用 Bailer-Jones 等（2021）的距离推导出的距离模数，仅考虑正视差。– ϖ/σ_ϖ 这是视差相对误差的倒数。

– Reference: [1]=Mahy 等人（2022年）；[2]=Maryeva 等人（2022年）；[3]=Bailer-Jones 等人。（2021年）；[4]=Clark et al. 人。（2021年）；[5]=Figer 等人（2020）；[6]=Maryeva 等人（2020年）；[7]=Figer 等（2020年）；[8]=Smith（2019）；[9]=Kniazev & Gvaramadze（2015）；[10]=Kniazev 等（2015）；[11]=Gvaramadze 等（2015）；[12]=Agliozzo 等人（2014）；[13]=Lau 等（2014）；[14]=Gvaramadze 等（2014）；[15]=Messineo 等人（2014）；[16]=Naz´e 等（2012）；[17]=Messineo 等人（2011）；[18]=Groh 等（2010）；[19]=Gvaramadze 等（2010b）；[20]=Gvaramadze 等（2010a）；[21]=Jim´enez-Esteban 等（2010）；[22]=Mauerhan 等人（2010b）；[23]=Clark 等人（2009a）；[24]=Najarro 等（2009）；[25]=Bibby 等（2008）；[26]=Sterken 等（2008）；[27]=Marcolino 等（2007）；[28]=Clark 等人（2005）；[29]=Miroshnichenko 等（2005）；[30]=Figer 等（2004）；[31]=Clark 等人（2003b）；[32]=Clark 等人（2003a）；[33]=Egan 等（2002）；[34]=Stahl 等（2001）；[35]=Clark 等人（2000）；[36]=Geballe 等人（2000）；[37]=Voors 等（2000）；[38]=Hillier 等（1998）；[39]=Miroshnichenko 等（1998）；[40]=Trams 等（1998）；[41]=Humphreys & Davidson（1994）；[42]=Smith 等（1994）；[43]=Davidson 等（1993）。

– WRAY 16-137 与 P Cygni 相似，因此假设 $T_{\rm eff}$=18000 K。其色 excess E(B-V)=3.7 mag、A_V=11.5 mag 和距离模数 DM+绝对星等 Mv=3.8 mag（Gvaramadze 等人，2014）。结合 Bailer-Jones 等（2021）给出的盖亚距离，并采用与 P Cygni 相同的 V波段辐射改正 BC=−1.54，估算了其光度。

– GKF2010 MN44 有若干种可能的距离和光度，见 Gvaramadze 等人（2015）的列表。这里采用 DM = 15.88 mag，因为它比 Bailer-Jones 等人给出的 DM=15.59 mag 更接近（尽管后者的质量较差；2021）。

– 对于 DWC2011 140，我们假设其光谱型为 B0-2 I（Mauerhan 等人（2010b）），本征颜色 J − Ks=−0.09 mag 和 H − Ks=−0.03 mag，热改正 BC$_K$=−2.65 mag（Messineo 等人（2011）），并采用 2MASS J = 8.71 和 Ks = 7.03 mag、距离模数 DM=10.92 mag（Bailer-Jones 等人（2021））；同时估算星际消光为 A_{K_s}=(2MASS J-K_s+0.09)*0.537 mag = 0.95 mag（Messineo 等人（2005）），由此得到热星等 Mbol=−7.49 mag。

SN	Comments				
pe	Bin	Xray	BP/RP Hα	IR_neb	neb_lob
	sp/int	X	..	..	large bipolar
DOR	int	X2	X*	..	spherical
DOR	sp/int	..	X*	..	bipolar
DOR	int	X2	X	X	non−spherical
DOR	sp	..	−	..	bipolar
DOR:	..	..	X*	..	
DOR	..	..	X	..	
	..	X	X	X	
DOR	int	X	−	..	
	..	..	−	X	
DOR	no−det	..	X	X	spherical
DOR	int	X2	−	..	
DOR	..	X2	..	..	spherical
	..	..	−	X	
	..	..	−	..	
DOR:	..	..	X*	X	
	..	..	X	X	
R	..	..	X*	X	
	..	..	X*	X	
	..	..	−	X	
	..	..	−	X	
	..	..	−	X	
	..	..	−	X	
	..	..	−	X	
	int	..	X	X	

er.

flag (snrBIN) by Kervella et al. (2022), the magnitude
RP), the magnitude variation in the Bochum r'-band
by ASAS SN, a flag reporting detected binary systems
and spectroscopy (sp)), a flag indicating detection at
ith (*)), a flag indicating the detection of an extended

tional Xray emitters associated with LBVs listen by

nary modulation (Lobel et al. 2013; Richardson et al.

when $V < 10$ mag, because above saturation limit.

s SN	Comments				
ype	Bin	Xray	BP/RP Hα	IR_neb	neb_lob
SDOR:	sp/int	..	−	..	
.	..	..	..	X	
.	..	..	−	X	
.	..	..	−	X	
L	..	..	X	X	
.	..	..	..	X	
L	no−det	..	−	X	
SR	ecl	..	X	..	
.	..	..	X	..	
SDOR:	no−det	..	X*	X	
.	..	..	..	X	
.	..	..	X	..	
.	..	..	..	X	
.	..	..	X	..	
.	..	X	X	X	
.	..	..	−	X	
.	..	..	..	X	
.	..	..	..	X	
.	..	..	X	X	
L	sp/AO	X2	X*	..	large bipolar
SR	ecl	..	X	X	
.	..	..	X	X	
SDOR:	..	..	X	X	
.	..	..	−	X	
SDOR	..	..	X*	X	

		GLIMPSE			MIPSGAL
E	3_6	4_5	5_8	8_0	24_0
[mag]	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]
..	..	..	..	..	..
1.06	..	..	..	..	..
−1.38	..	..	..	..	..
−1.96	..	..	..	..	..
−3.02	..	..	..	..	..
..	..	..	..	..	..
1.48	4.08	..	3.73	..	1.68
0.71	6.88	6.43	6.16	5.91	..
..	4.10	..	3.74	3.49	2.91
..	..	5.02	4.52	4.34	4.02
..	..	..	..	..	1.29
..	..	..	..	..	1.77
..	5.02	..	4.33	4.37	..
..	5.32	..	4.68	4.79	..
..	..	..	..	..	..
..	4.46	4.46	3.94	4.00	3.50
−3.75	5.20	..	..	..	..
0.34	..	..	..	..	..
1.41	..	..	..	..	..
..	6.98	..	6.17	5.81	4.77
..	7.26	4.99	4.60	4.18	..
1.01	4.46	4.00	3.49	..	0.97
..	9.52	9.06	8.82	8.45	7.63
−0.02	6.84	6.00	4.33	..	..
..	..	5.14	4.94	4.78	3.92
..	7.02	6.00	5.35	5.29	4.91
..	..	3.81	3.69	3.32	..
−0.28	6.52	6.16	5.55	5.36	..
1.08	6.75	5.63	5.08	4.74	..
..	8.17	7.46	7.11	6.85	..
1.38	4.92	4.52	4.05	4.05	4.00
0.23	..	..	..	..	0.22
..	8.09	7.56	7.25	7.15	..
..	4.36	3.91	3.70	..	..
..	6.46	6.16	5.71	5.54	3.95
..	6.75	6.39	5.45	5.19	4.14
..	6.67	6.08	5.24	4.88	3.67
−1.76	..	6.77	..	..	..
..	..	..	..	..	..
..	6.84	6.19	5.96	5.83	5.03
..	7.68	7.16	6.84	6.86	..
..	7.62	6.78	6.07	5.67	3.21
−0.31	4.45	3.61	3.52	..	..
..	7.74	7.04	6.49	6.19	..
..	6.78	6.21	5.90	5.79	4.71
1.94	6.86	6.00	4.79	4.25	2.16

		GLIMPSE			MIPSGAL
E	3_6	4_5	5_8	8_0	24_0
mag]	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]	[mag]
2.77	7.63	6.48	5.46	4.87	2.69
..	7.95	7.15	6.30	5.56	..
..	6.67	6.00	5.06	4.97	..
2.77	7.73	7.18	6.55	5.49	2.90
0.70	..	..	..	..	0.76
0.73	7.02	6.24	5.03	4.30	0.52
..	8.37	7.76	7.50	7.29	..
..	9.91	9.43	9.15	8.99	..
..	7.26	6.73	6.43	6.30	..
..	6.76	5.91	5.71	5.42	4.37
..	8.29	7.58	7.28	7.07	..
..	7.10	6.39	6.11	6.05	5.71
..	8.14	7.64	7.24	7.14	..
..	6.89	6.51	6.17	5.93	4.67
1.95	..	..	..	..	..
..	7.09	6.62	6.26	6.24	..
..	4.80	4.21	3.81	..	1.49
..	..	..	4.61	4.35	2.93
..	6.87	..	5.75	5.67	..
0.37	8.56	7.87	7.34	7.63	0.15
..	7.39	6.72	6.32	6.10	..
..	8.15	7.72	7.48	7.17	5.67
1.45	5.80	5.43	5.10	4.80	2.56
..	4.89	4.61	4.07	3.77	2.12
..	6.66	5.67	5.14	4.77	..
..	7.95	7.76	7.55	7.30	6.51
..	6.73	6.42	6.18	5.84	4.80
..	..	..	..	..	..
2.63	..	..	..	..	..