

# OB星协和年轻星团的形成与早期演化

石火明 王家骥

(中国科学院上海天文台 上海 210008)

## 摘要

OB星协和年轻星团是恒星形成与早期演化的“化石”，同时也是研究初始质量函数(IMF)的最好场所。文中就OB星协和年轻星团的形成和早期演化方面的研究进展作一评述，还论述了IMF的测定和研究情况，并对相关的速逃OB星及蓝离散星问题作了简要介绍。

**关键词** 疏散星团和星协：OB星协—星团：年轻—恒星：形成—恒星：演化

## 1 引言

OB星协是由O型和B型恒星组成的松散星群。早在八十多年前，Kapteyn<sup>[1]</sup>和Eddington<sup>[2]</sup>就注意到了星空中早型恒星有成群的趋势。Kapteyn<sup>[3]</sup>还认为猎户天区中O、B型恒星群可能是猎户亮星云的一部分。Ambartzumian<sup>[4]</sup>则在1947年首次采用了星协一词。他指出OB星协是非常年轻的系统，并可能处于膨胀之中。他同时还注意到OB星协通常包含年轻OB星团作为其核心。随后，Morgan<sup>[5]</sup>、Blaauw<sup>[6]</sup>以及Walker和Hodge<sup>[7]</sup>等人对星协和年轻星团进行了大量的观测工作，为进一步的深入研究奠定了基础。

随着各种新的观测手段的应用，星协与年轻星团的研究异常活跃。红外望远镜、红外卫星(IRAS)、特别是红外阵列相机的相继使用，使得可以对仍然掩蔽在气体尘埃中的极年轻恒星系统(星团和星协)进行直接的观测和研究<sup>[8-10]</sup>。对恒星形成区的分子射电探测揭示了星协和星团形成地—巨分子云的种种特性<sup>[11,12]</sup>。哈勃太空望远镜(HST)能够对银河系及河外星系(如大小麦云)中致密的年轻恒星系统进行探测<sup>[13-17]</sup>。

星协和星团中的恒星诞生于同一母体分子云因而拥有相似的特性，它们一直被认为是研究恒星演化的重要实验室。OB星协和年轻星团包含了银河系中最年轻的恒星成分，它们是恒星形成和早期演化的“化石”，同时也是研究初始质量函数(IMF)的最好场所。通过OB星协还可以对各种大质量恒星进行参数(如光度和温度等)定标，并研究其星风与质量流失情况。文中将就OB星协和年轻星团的形成和早期演化方面的研究进展作一评述，并论述IMF的测定和研究情况，并对相关的速逃OB星及蓝离散星问题作简要介绍。

## 2 OB 星协的形成和动力学演化

### 2.1 OB 星协的诞生地和形成过程

观测发现, 几乎所有的 OB 星协在空间上都与巨分子云 (GMC) 成协<sup>[18-20]</sup>。一个典型的例子是猎户星协 Orion OB1, 它和与之成协的 GMC 构成了一个庞大的复合体, 红外成像观测表明其中恒星正在生成<sup>[9,21]</sup>。通常, 与 OB 星协成协的 GMC 在空间尺度上与星协本身相近或较大 (50—200pc)。在质量上 GMC ( $(2-3) \times 10^5 M_{\odot}$ ) 则要比 OB 星协 ( $\sim 10^3 M_{\odot}$ ) 大得多<sup>[18]</sup>。常常还观测到星协中最年轻的 OB 星群在其周围星际物质中产生的 H II 区或反射星云 (如 Orion OB1 中的 Trapezium 星团与亮星云 Orion Nebula), 显示了 OB 恒星与 GMC 的直接物理联系。这些都清楚地表明 OB 星协诞生于 GMC。事实上, 由于 OB 星协是非常年轻的系统, 它们还不会远离其诞生地。

一般认为, 分子云中某一部分的坍缩会导致恒星生成。内能 (热的、磁的或湍动的) 的损失将自发地引起分子云坍缩。来自外部的种种作用, 如银河系旋臂激波、分子云—分子云碰撞、OB 恒星产生的 H II 区激波和超新星爆发等, 也会改变分子云原来的平衡并导致坍缩<sup>[22,23]</sup>。

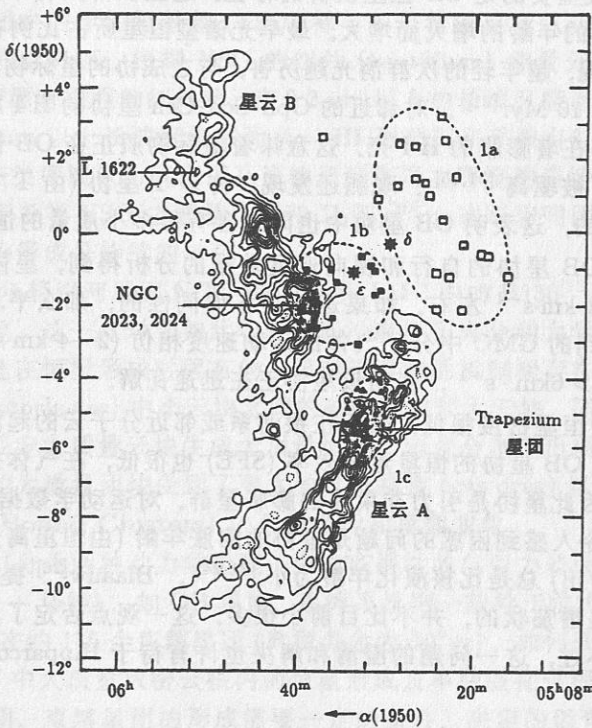


图 1 星协 Orion OB1 中恒星次群以及成协分子云<sup>[21]</sup>

对 OB 星协的观测早已发现星协中存在着不同的恒星次群<sup>[6,21]</sup>, 这些恒星次群分布于星协的不同空间区域, 并且具有不同的膨胀年龄和核年龄。(根据自行和测光资料的分析) 图 1 中绘出了星协 Orion OB1 中恒星次群分布以及与星协成协的分子云, 其中次群 1a、1b 和 1c

的年龄分别为 12、7 和 3 Myr。

次群的存在表明星协中的恒星不是同时生成的。Elmegreen 和 Lada<sup>[20]</sup> 提出了星协中的逐次恒星形成 Sequential Star Formation (SSF) 模型, 认为 OB 恒星次群是通过电离和激波锋面在分子云中的传播而逐次形成的。在分子云边缘处形成的 OB 星群, 将产生并驱动一个电离锋面 (ionization front) 和一个激波锋面 (shock front) 向分子云中传播。在这两个锋面之间形成了一个致密的物质薄层。而这一薄层在引力上是不稳定的, 最终会坍缩而形成另一 OB 星群, SSF 理论能够成功地说明 OB 星协中恒星次群在空间和年龄上的分布以及具有的不同膨胀特征<sup>[20,21]</sup>。但是这一理论也遇到了一些困难。理论上, Shu 等人<sup>[23]</sup> 指出, 如果磁场在分子云的支撑中起主要作用, 则电离激波 (或者星风、超新星爆发激波) 引起引力坍缩的能力可能有限。另外最初的 OB 恒星群是如何产生的 (自发的?) 还有待说明。观测上, Garmany<sup>[24]</sup> 指出, 按照 SSF 模型, OB 星群应该在分子云的边缘生成 (早期观测似乎确实如此), 但是近来探测到了在分子云的极深处的恒星形成。

## 2.2 OB 星协的结构和动力学演化

OB 星协是非常庞大的系统, 线度一般在 50—200pc (典型的银河星团约为 4pc), 常常呈现拉长的不规则形状。星协中通常含有年轻的 OB 星团作为其核心, 有时还含有四边形聚星或星链<sup>[4]</sup>。内部结构中最重要的是 OB 恒星次群的存在。这些次群具有不同的演化年龄。观测发现次群的线度随次群的年龄的增大而增大。最早光谱型恒星所占比例在较密集的次群中较大<sup>[6,21]</sup>。消光观测发现, 越年轻的次群消光越厉害, 与之成协的星际物质越多。估计星际物质“排尽”的时标约为 10 Myr<sup>[21]</sup>。对邻近的 Oph-Sco-Cen 星协的 H I 观测表明, 在其各次群以及整个星协周围存在着膨胀的 H I 壳。这意味着星际物质正在 OB 恒星产生的星风和超新星爆发的能量作用下被驱离<sup>[21,25]</sup>。观测还发现, 许多 T 星协 (由 T Tau 型恒星组成的星协) 是与 OB 星协成协的, 这表明 OB 星协中也同时含有很多小质量的恒星<sup>[18]</sup>。

通过对一些较近的 OB 星协的自行和视向速度数据的分析得到, 星协内部运动速度在一个坐标方向上平均为  $2 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  左右。如果运动是各向同性的, 那么平均空间速度约为  $4 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ <sup>[21]</sup>。这也与探测到的 GMC 中分子气体的运动速度相仿 ( $2\text{—}4 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ <sup>[18]</sup>)。星协 Per OB2 中的运动速度很大 ( $> 6 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 表明该星协正在迅速瓦解。

观测到的 OB 星协的恒星密度很低, 因而在银河系或邻近分子云的起潮力作用下星协是不稳定的。GMC 中产生 OB 星协的恒星形成效率 (SFE) 也很低, 在气体排尽后系统的总能量 (势能 + 动能) 为正, 因此星协是引力非束缚的膨胀星群。对运动学数据的分析也表明 OB 星协在膨胀<sup>[6,21]</sup>。一个令人感到困惑的问题是星协的膨胀年龄 (由恒星离开中心的距离与沿该方向的自行分量之比导出) 总是比核演化年龄为小<sup>[21,24]</sup>。Blaauw<sup>[26]</sup> 提供了一种解释, 认为星协的初始形状可能是雪茄状的, 并不比目前小很多。这一观点否定了星协由一个较小的体积向外作均匀膨胀。不过, 这一问题的澄清和解决也许有待于 Hipparcos 卫星提供的高精度自行数据。

## 3 年轻星团的性质、形成和早期演化

### 3.1 致密年轻星团的观测性质

星团诞生于分子云的致密气体核中。在形成及早期演化阶段星团被分子云内的尘埃所掩

蔽。对于一些部分掩蔽星团 (partially embedded clusters) 已经有了多年的观测研究, 如 NGC 2264<sup>[27]</sup>、Trapezium<sup>[15,28]</sup> 星团和 M17<sup>[29]</sup> 等。而对于严重掩蔽星团 (deeply embedded clusters) 则是在红外望远镜出现之后开始直接观测, 如  $\rho$  Oph 星云星团<sup>[30]</sup>。近年来红外阵列相机的发展, 使得能够对掩蔽星团进行细致的成象观测研究。同时, 分子射电探测又使我们对于星团形成和早期演化的环境的特性有了较多的了解。

Lada 等人<sup>[31]</sup> 对猎户分子云 L 1630 的观测研究具有代表性。在 K 波段 (直至  $m_K \sim 12$ ) 探测到了 1000 多个红外源。根据红外源分布情况证认出了 4 个掩蔽星团, 它们分别与 4 个著名的恒星形成区 NGC 2071、NGC 2068、NGC 2024 和 NGC 2023 相联系。统计表明, 半数以上的源包含在占据体积相对较小的这些富团中, 团中恒星密度可达  $100 M_\odot \cdot \text{pc}^{-3}$  以上<sup>[8,31]</sup>。射电探测显示这几个红外星团分别与几个质量较大的致密云团成协。GMC 中云团 (clumps) 的质量谱可用频谱指数为  $-1.6$  的幂律谱表示, 这也意味着形成恒星的分子气体质量主要集中于较大质量的云团之中<sup>[9]</sup>。

猎户 Trapezium 星团也是近年来研究较多的对象。McCaughrean 和 Stauffer<sup>[15]</sup> 作了高分辨近红外成像观测, 发现在中心  $0.1 \text{pc}$  内恒星密度高达  $4.7 \times 10^4 M_\odot \cdot \text{pc}^{-3}$ 。团中至少有 80% 恒星年龄小于  $1 \text{Myr}$ <sup>[32]</sup>。Stauffer 等人<sup>[16]</sup> 从 HST 数据中分析得出其中占很大比例的成员星带有星周盘的结论。

由于致密星团中的年轻恒星体 (YSO) 都与不等量的星周气体和尘埃成协, 因而其绝大部分辐射能量是在红外区。根据 YSO 的红外 ( $1-100 \mu\text{m}$ ) 能量分布可以将其分为三大类型<sup>[9,18,33]</sup>。其中 I 型源有很强的红外超, 在  $2.2 \mu\text{m}$  以上的长波区能谱有正的斜率, II 型源也有红外超, 但在  $2.2 \mu\text{m}$  以上长波区斜率为负。III 型源则几乎没有红外超, 能谱表现为红化了的黑体特征。这些类型被认为代表了从原恒星到年轻主序星的连续演化序列<sup>[9,34]</sup>。在  $\rho$  Oph 星云星团中发现了各类 YSO (主要是 I 型和 II 型)<sup>[30]</sup>, 这既表明团中的星体极其年轻, 同时也表明团内恒星的形成是持续的过程。

利用 HST 对年轻银河星团 NGC 3603<sup>[35]</sup> 和 LMC 中的 R136<sup>[13,36]</sup> 进行观测, 发现了团中存在质量分层现象, 这一点对于如此年轻、还没有经历充分动力学演化的恒星系统是很特别的。一般认为这是在恒星形成时固有的。但对于可能的机制尚存在不同的看法。一种观点认为, 在原星团 (protocluster) 中小云块之间的碰撞形成较大云块, 同时随机运动速度降低而沉降于势阱深处。假定大质量云块生成大质量恒星, 则就会表现出质量分层效应。另一种观点则认为分子云中的大质量团块受到了更大的气体拖曳 (gas drag) 以致沉入势阱深处<sup>[37]</sup>。

### 3.2 束缚星团 (Bound Clusters) 的形成条件和早期演化

恒星系统可以分为两种动力学类型: 引力束缚性的与引力非束缚性的。非束缚系统具有正的总能量 (动能 + 势能), 如 OB 星协。束缚系统则一般处于位力平衡, 总能量为负。在太阳附近  $1 \text{kpc}$  内存在约 115 个束缚星团 (典型寿命为  $10^8 \text{yr}$ )。如何说明这种束缚星团的产生机制对于了解 GMC 中大质量致密云核内的恒星形成及早期演化过程是非常有意义的。

理论研究表明, 束缚星团的形成需要一定的条件。决定的因素是 SFE 和气体驱离时间  $T_g$  (the gas removal time)<sup>[39-41]</sup>。如果在恒星形成后气体的驱离是突发性的 ( $T_g$  很短), 那么束缚星团的生成要求 SFE 达到 50% 左右。而当气体的驱离是一个较为缓慢的过程时, 在较低的 SFE 之下系统也有可能调节到新的位力平衡态而保持束缚性。数值模拟表明, 恒星系统在达到新的平衡态的演化过程中会经历较大的膨胀, 并且还会损失一定比例的成员<sup>[9,40]</sup>。此外, 银河系和星团母体 GMC 的起潮力对束缚系统的形成和演化也有影响, 要求所生成的星

团的线度不得过大(潮汐半径极限)。

对年轻恒星系统的观测所得到的 SFE 一般都小于 50%。例如  $\rho$  Oph 星云星团的 SFE 约为 20%<sup>[30]</sup>。L 1630 中掩蔽星团 NGC 2068 与 NGC 2024 的 SFE 较高, 达 42%<sup>[8,9]</sup>。银盘中存在束缚星团的事实意味着一部分在 GMC 的致密气体云团中形成的致密星团确实发展成了束缚星团。这表明实际的气体驱离过程应该是较为缓慢的过程。事实上, 通过对与星团成协的分子云以及星团内部消光的观测研究可知, 在星团恒星生成后气体的驱离是一个持续过程, 时标达几百万到几千万年甚至更长<sup>[38,42]</sup>。一般认为, 致密的猎户 Trapezium 星团、M17 星团以及  $\rho$  Oph 星团极有可能在气体驱离后呈现为束缚星团<sup>[43]</sup>。

## 4 星协、星团与初始质量函数

初始质量函数表示了恒星形成时的初始质量分布, 是研究恒星形成过程的一个重要参数和基本限制。对 IMF 的研究, 不论是对于恒星形成过程本身, 还是对于恒星形成区的整体特性、星系的演化、甚至星暴星系的本质的认识都是非常重要的<sup>[18,24]</sup>。现有理论都不足以说明 IMF 如何产生与演化, IMF 的形式以及空间和时间上的可能变化只能由实际观测得到。在这方面, 星协和年轻星团的作用是独特的, 它们提供了直接测定 IMF 的场所。

### 4.1 场星的 IMF

IMF 通常表示为单位对数质量间隔中的恒星数目  $\xi(\log M)$ , 而 IMF 的斜率则表为  $\Gamma = d(\log \xi(\log M))/d \log M$ <sup>[44]</sup>。最早用经验方法研究 IMF 的是 Salpeter<sup>[45]</sup>, 他根据太阳附近观测到的光度函数导出 IMF 的斜率  $\Gamma = -1.35$ , 质量范围为  $0.4M_{\odot} - 10M_{\odot}$ 。随后一些作者进一步研究了场星的 IMF。Scalo<sup>[44]</sup> 的结果显示, 在恒星质量谱上端(质量较大), IMF 近似为  $\Gamma = 1.7 \pm 0.5$  的幂律谱, 并在  $0.3M_{\odot}$  附近出现一极大。不过, 关于在  $0.3M_{\odot}$  以下 IMF 是反转下降还是大致保持水平仍有所争论<sup>[46]</sup>。目前得到的场星的 IMF 是一个总体的平均参量, 即在银河系寿命时间尺度上的平均和在太阳附近特定空间尺度上的平均。虽然经常假定在时间和空间上存在普适的 IMF, 但这一点从未得到令人信服的证实。通过对银河系的不同区域(甚至河外星系)中年轻星群(星协或年轻星团)的观测将有助于提供有关的线索。

### 4.2 星协、星团中的 IMF

星协和星团可以说是研究 IMF 的实验室。因为它们通常由从同一母体分子云中在大致相同的时间形成的大批恒星所组成。同时, 由于星协和年轻星团(尤其是掩蔽星团)中的恒星刚形成不久尚未及演化, 导致恒星数量减少的因素(如恒星演化或动力学效应引起的恒星逃逸)的影响还较小, 因而能从中较准确地测定 IMF。

许多作者利用 OB 星协来研究大质量恒星的 IMF<sup>[24]</sup>。Garmany 等人<sup>[47]</sup> 编制了一个 O 星表并据此确定 O 型星的 IMF, 得到  $\Gamma = -1.6$ 。他们还发现  $\Gamma$  是银河系空间位置的函数, 向着银心方向斜率变平, 即有相对较多的大质量恒星。但是 Humphreys 和 McElroy<sup>[48]</sup> 利用 O 型星和早 B 型星重新研究了这一问题, 他们没有发现 IMF 的斜率的这种梯度变化效应。上述这些研究工作实际上是对时间平均的 IMF 的测定, 不能直接与单个星协的有关结果进行比较。

Massey 等人利用 CCD 测光资料和较亮星的分光资料, 通过将恒星置于理论 HR 图 ( $M_{\text{bol}}$ ,  $\log(T_{\text{eff}})$ ) 上并与理论演化迹线重叠后计数各质量范围的恒星数的方法来直接确定 IMF。他

们系统地测定了银河系和大小麦云中一些 OB 星协的 IMF<sup>[49-55]</sup>, 其结果列于表 1 中。由表可见, 银河系 OB 星协的 IMF 的  $\Gamma$  值要比麦云中  $\Gamma$  值更平些。他们同时还得出最大的恒星质量在银河系及大小麦云中是类似的, 都在  $80M_{\odot}$  左右<sup>[54]</sup>。理论预言 IMF 的斜率和最大恒星质量应是金属丰度的函数<sup>[24,56]</sup>, 而观测数据则表明情况要比预想的复杂得多。针对银河系和大小麦云有相似的最大恒星质量而其金属丰度存在很大的差异(金属丰度可差达 20 倍左右)的情况, Massey<sup>[54]</sup> 指出, 作用于坍缩的原恒星物质上的辐射压可能不是决定最大质量恒星生成的限制性因素。关于 IMF 斜率上出现这种差异的真实含义目前仍不很清楚。

表 1 大小麦云 (LMC 和 SMC) 和银河系 (MW) 中的 IMF 斜率 ( $\Gamma$ )

	区 域	$\Gamma$	参考文献
LMC:	LH 117/118	$-1.8 \pm 0.1$	[49]
	LH 58	$-1.9 \pm 0.1$	[54]
	LH 9/10	$-1.4 \pm 0.2$	[50]
SMC:	NGC 346	$-1.8 \pm 0.2$	[51]
MW:	Cyg OB2	$-1.0 \pm 0.1$	[52]
	N 6611	$-1.3 \pm 0.1$	[53]
	Car OB1 (Tr 14, Tr 16)	$-1.3 \pm 0.2$	[55]

疏散星团是能够从中导出有意义的光度函数 (LF) 与质量函数 (MF) 的最小恒星系统。较早和较有影响的工作是 van den Bergh 和 Sher<sup>[57]</sup> 对疏散星团 LF 的研究。在年龄较大 ( $> 10^8$  yr) 的星团中, 由于动力学质量分层和小质量恒星蒸发效应, 要想准确估计 LF 和 MF 的低质量端的形状几乎是不可能的, 常导致一些相互矛盾的结果<sup>[44,58]</sup>。近年来有许多工作是利用年轻星团 ( $\sim 10^7$  yr) 来测定 LF 和 IMF。Wilner 和 Lada<sup>[59]</sup> 对 NGC 2362、Herbst 和 Miller<sup>[60]</sup> 对 NGC 3293 的研究表明, 两者的 LF 均在  $M_v = 2-3$  mag 处有一下沉 (dip), IMF 在  $1M_{\odot}$  处仍呈上升趋势, 但与场星相比, 低质量星显得缺乏<sup>[59,60]</sup>。但是 Forbes<sup>[61]</sup> 在年龄类似的 NGC 6531 中却未发现这种低质量星的缺乏。Phelps 和 Janes<sup>[62]</sup> 系统地研究了 8 个年轻星团的 LF 和 IMF。在质量范围  $1.4M_{\odot}-7.9M_{\odot}$  内的观测是完全的, 其 IMF 斜率  $\Gamma$  的平均值为  $-1.40 \pm 0.13$ , 与 Salpeter 值 ( $-1.35$ ) 接近, 但有两个星团呈现较大的偏离。同时在其中一些星团的 LF 上出现了局部下沉, 但都不是很显著。Hunter 等人<sup>[13]</sup> 利用 HST 观测 LMC 中 30 Dor 恒星形成区中致密年轻星团 R 136 的结果得出其 IMF 整体上与 Salpeter 所得到的 IMF 一致。

极年轻的掩蔽星团提供了直接测定 IMF 的可能。Lada 等人<sup>[63]</sup> 利用红外相机探测到 M17 的  $9' \times 9'$  区域内有 100 多颗 OB 星, 从所得到的 K 波段光度函数 (KLF) 导出的 IMF 与 Salpeter 所得到的斜率一致。Wilking 等人<sup>[30]</sup> 仔细测定了暗云  $\rho$  Oph 中掩蔽星团的 IMF, 发现一般形状与 Salpeter 所得到的 IMF 预期的形状一致, 但中等质量恒星相对缺乏。Rieke 等人<sup>[64]</sup> 对该团中小质量星的研究表明 IMF 将在十分之几  $M_{\odot}$  处变平或折转。Lada E. 和 Lada C.<sup>[65]</sup> 对掩蔽星团 IC 348 研究后认为, 其 KLF 能代表大多数这种年轻星团的情况, 即具有两个特点: 对于较亮星, KLF 表现为幂律谱; 在较暗星等段 KLF 则偏离幂律谱, 并在很低光度处变平或折转。这在大趋势上是与场星 IMF 吻合的。

可以看出, 目前关于 IMF 还没有得出确定的结论。我们还不知道 IMF 在多大程度上是普适的, IMF 的某些变化的真实性和含义还难以肯定。而理论上对 IMF 模型的研究比较困难, 尽管在这方面已有了一些研究工作<sup>[66]</sup>。

## 5 与星协和星团有关的重要问题

### 5.1 速逃 OB 星

速逃 OB 星 run away OB stars (RAOB) 是指那些空间速度超过  $30\text{--}40\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ 、最高可达  $200\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  的一类 OB 星。RAOB 在 O 型星中的出现率为 20% 左右, 在 B0—B0.5 中为 2.5%, 而在 B1—B5 中则更低<sup>[67]</sup>。Blaauw<sup>[3,21]</sup> 从运动轨迹证认出一些 RAOB 是从其邻近的年轻 OB 星协中高速逃逸出来的。典型的几个例子:  $\zeta$  Oph 以  $42\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  的相对速度从星协 Oph-Sco-Cen 中逃离, AE Aur、 $\mu$  Col 和 53 Ari 分别以  $137$ 、 $141\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  和  $55\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  的相对速度从星协 Orion OB1 逃离<sup>[21]</sup>。

观测发现 RAOB 绝大多数是单星, 双星出现率明显低于正常值<sup>[68]</sup>。RAOB 的空间速度与光谱型有一定的相关性, 大质量 O 型星速度相对较小, 而早 B 型星则较大<sup>[68]</sup>。Blaauw<sup>[67]</sup> 就自转速度和氦丰度所作的初步统计表明 RAOB 一般具有较大的  $v \sin i$  值和较高的氦丰度。此处  $v$  为自转速度,  $i$  为自转轴与视线夹角。

关于 RAOB 的起源目前主要有两种假说。一种假说认为, 当密近大质量双星中主星发生超新星爆炸后另一子星将被抛出, 其运动速度与双星轨道运动速度接近<sup>[69,70]</sup>。另一种假说则认为, 在年轻的致密星团中由于恒星之间的动力学相互作用, 某些恒星被抛出<sup>[68,71]</sup>。Blaauw<sup>[67]</sup> 结合有关观测性质对这两种假说进行了比较分析, 指出了各自遇到的困难, 认为双星—超新星爆发说似乎更有利。

一个很有意义的问题是 RAOB 在恒星形成的随机传播中的作用<sup>[21,67]</sup>。这些大质量恒星按照其正常的演化将在离开其母体星协(星团)几百 pc 处发生超新星爆发。如果这种爆发发生在分子云内部或其附近就有可能引起恒星的形成。

### 5.2 蓝离散星

蓝离散星 BS(blue stragglers) 是出现在恒星系统 HR 图主序附近, 但比主序转出点(turn-off point) 恒星明显偏蓝、偏亮的一类恒星。BS 表面上的演化滞后现象很令人困惑。观测发现 BS 的特性非常复杂, 它们在各类恒星系统中均有发现。理论上也相继提出了各种模型<sup>[72]</sup>。这里主要针对年轻星团和星协中出现的 BS 作一简要讨论。

Eggen 和 Iben<sup>[73]</sup> 通过对年轻星团 HR 图上恒星分布与理论等龄线的细致比较, 指出其中可能发生了两次甚至多次的爆发式恒星生成事件, 并认为这些年轻星团中出现的 BS 就是后期诞生的年轻大质量恒星。OB 星协中不同年龄恒星次群的存在也表明恒星不是同龄的。但是 BS 的后期诞生说即使是在说明年轻恒星系统(星协、星团)中的 BS 时也遇到了一定的困难<sup>[72]</sup>。如 Mathys<sup>[74]</sup> 发现 OB 星协中一些 BS 具有丰富的氮, 而这通常应是恒星经过了较长时间演化的结果。近年来 BS 的双星起源说更受到人们的重视<sup>[72]</sup>。Blaauw<sup>[67]</sup> 发现某些 RAOB 也是其母体星协中的 BS。如果 RAOB 确实产生于双星—超新星爆发的话, 这似乎是 BS 双星起源说的一个旁证。

## 参 考 文 献

- [1] Kapteyn J C. Ap. J., 1914, 40: 42
- [2] Eddington A S. Stellar movements and the structure of the universe. London: Macmillan, 1914, Chapter IV
- [3] Kapteyn J C. Ap. J., 1918, 47: 104
- [4] Ambartsumian, V. A., Stellar evolution and astrophysics, Armenian Acad. Sci., 1947 (German translation, Abhandl, Sowjetischen Astron. 1951, 1: 33)

- [5] Morgan W W, Code A D, Whitford A E. *Ap. J. Suppl.*, 1955, 2: 41
- [6] Blaauw A. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, 1964, 2: 213
- [7] Walker G A H, Hodge S M. *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 1968, 80: 290
- [8] Lada E A. Ph. D. Thesis, University of Texas at Austin. 1990
- [9] Lada C J, Lada E A. In: Janes K ed. *the Formation and evolution of star clusters*. San Francisco: ASP, 1991: 3
- [10] Itoh Y, Tamura M, Gatley I. *Ap. J.*, 1996, 465: L129
- [11] Myers P C, In: Yuan C, You J eds. *Molecular clouds and star formation*. Beijing: World Scientific, 1995, 47
- [12] Blitz L. In: Lada C J, Kylatis N D eds. *the Physics of Star Formation and Early Stellar Evolution*, Dordrecht: Kluwer, 1991. 3
- [13] Hunter D A *et al.* *Ap. J.*, 1995, 448: 179
- [14] O'Connell R W *et al.* *Ap. J.*, 1995, 446: L1
- [15] McCaughrean M J, Stauffer J R. A. J., 1994, 108: 1382
- [16] Stauffer J R *et al.* A. J., 1995, 108: 1375
- [17] Lada E A, Lada C J, A. J., 1995, 109: 1682
- [18] Lada C J, In: Yuan C, You J eds. *Molecular Clouds and Star Formation*, Beijing: World Scientific, 1995. 1
- [19] Elmegreen B G, Lada C J. A. J., 1976, 81: 1089
- [20] Elmegreen B G, Lada C J. *Ap. J.*, 1977, 214: 725
- [21] Blaauw A. In: Lada C J, Kylatis N D eds. *The physics of star formation and early stellar evolution*. Dordrecht: Kluwer, 1991. 125
- [22] Burki G. In: Hesser J E ed. *Star Clusters*. Dordrecht: Reidel, 1980. 169
- [23] Shu F H, Adams F C, Lizano S. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, 1987, 25: 23
- [24] Garmany C D. *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 1994, 106: 25
- [25] de Geus. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 1987, 71: 201
- [26] Blaauw A. *Irish Astron. J.*, 1984, 16: 141
- [27] Margulis M *et al.* *Ap. J.*, 1989, 345: 906
- [28] Herbig G H, Terndrup D M. *Ap. J.*, 1986, 307: 609
- [29] Beetz M *et al.* *Astron. Astrophys.*, 1976, 50: 41
- [30] Wilking B A, Lada C J, Young E T. *Ap. J.*, 1989, 340: 823
- [31] Lada E A *et al.* *Ap. J.*, 1991, 371: 171
- [32] Prosser C F *et al.* *Ap. J.*, 1994, 421: 517
- [33] Lada C J. In: Peimbert M, Jugaku J eds., *Star forming regions*. Dordrecht: Reidel, 1987. 1
- [34] Adams F C *et al.* *Ap. J.*, 1987, 321: 788
- [35] Moffat A F *et al.* *Ap. J.*, 1994, 436: 183
- [36] Malumuth E M, Heap S R. A. J., 1994, 107: 1054
- [37] Gorti U, Bhatt H C. *M.N.R.A.S.*, 1995, 272: 61
- [38] Pandy A K *et al.* A. J., 1990, 99: 617
- [39] Lada C J *et al.* *Ap. J.*, 1984, 285: 141
- [40] Wilking B J, Lada C J. *Ap. J.*, 1983, 274: 698
- [41] Elmegreen B G. *M.N.R.A.S.*, 1983, 203: 1011
- [42] Leisawitz D *et al.* *Ap. J.*, 1989, 70: 731
- [43] Larson R B. In: Capozzo-Dolcetta R *et al.* eds. *Physical processes in fragmentation and star formation*. Dordrecht: Kluwer, 1990: 389
- [44] Scalo J M. *Fundam. Cosmic Phys.*, 1986, 11: 1
- [45] Salpeter E. *Ap. J.*, 1955, 121: 161
- [46] Kroupa P *et al.* *M.N.R.A.S.*, 1990, 244: 76
- [47] Garmany C D *et al.*, *Ap. J.*, 1982, 263: 777
- [48] Humphreys R M, McElroy. *Ap. J.*, 1984, 284: 565
- [49] Massey P *et al.* A. J., 1989, 97: 107
- [50] Parker J W *et al.* A. J., 1992, 103: 1205



- [51] Massey P *et al.* A. J., 1989, 98: 1305
- [52] Massey P, Thompson A B. A. J., 1991, 101: 1408
- [53] Hillenbrand L A *et al.* A. J., 1993, 106: 1906
- [54] Massey P. In: Cassinelli J P, Churchwell E B eds. Massive stars: their lives in the interstellar medium, ASP conference ser. proc., San Francisco: ASP, 1993, 35: 168
- [55] Massey P, Johnson J. A. J., 1993, 105: 980
- [56] Shields G A, Tinsley B M. Ap. J., 1976, 203: 66
- [57] van den Bergh S, Sher D. Publ. David Dunlop Obs., 1960, 2: 203
- [58] van Leeuwen F. In: Hesser J E ed. Star clusters. Dordrecht: Reidel, 1980. 157
- [59] Wilner D, Lada C J. A. J., 1991, 102: 1050
- [60] Herbst W D, Miller D P. A. J., 1983, 87: 1478
- [61] Forbes D. In: Cassinelli J P, Churchwell E B eds. Massive Stars: their lives in the interstellar medium, ASP conference ser. proc., San Francisco: ASP, 1993, 35: 220
- [62] Phelps R L, Janes K A. A. J., 1993, 106: 1870
- [63] Lada C J *et al.* Ap. J., 1991, 374: 539
- [64] Rieke G H *et al.* Ap. J., 1989, 340: 823
- [65] Lada E A, Lada C J. A. J., 1995, 109: 1682
- [66] Larson R B. In: Falgarone E *et al* eds. Fragmentation of molecular clouds and star formation, Dordrecht: Reidel, 1991. 261
- [67] Blaauw A. In: Cassinelli J P, Churchwell E B eds. Massive stars: their lives in the interstellar medium, ASP conference ser. proc., San Francisco: ASP, 1993, 35: 207
- [68] Gies D R, Bolton C T. Ap. J. Suppl. Ser., 1986, 61: 419
- [69] van den Heuvel E P J. In: Boland W, van Woerden H eds. Birth and evolution of massive stars and stellar groups. Dordrecht: Reidel, ASSL, 1985, 120. 107
- [70] Blaauw A. Bull. Astron. Inst. Netherlands, 1961, 15: 265
- [71] Leonard P J T, Duncan M J. A. J., 1990, 99: 608
- [72] Livio M. In: Saffer R A ed. Blue stragglers, ASP conference ser proc., San Francisco: ASP, 1993, 53: 3
- [73] Eggen O J, Iben I. A. J., 1988, 96: 635
- [74] Mathys G. Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 1987, 71: 201

(责任编辑 舒似竹 郭盛炽)

## Formation and Early Evolution of OB Associations and Young Star Clusters

Shi Huoming Wang Jiaji

(Shanghai Astronomical Observatory, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030)

### Abstract

OB associations and young star clusters are "fossils" of star formation and early stellar evolution. They are also the best sites to determine the initial mass function (IMF). With the application of many new observational techniques and methods, studies on OB associations and young star clusters are very active recently. In this paper, developments on studies of the formation and early evolution of these very young stellar systems are reviewed. The determination and study of IMF are discussed. Two related problems, i.e., run away OB stars and blue stragglers, are briefly described.

**Key words** open clusters and associations: OB associations—star clusters: young—stars: formation—stars: evolution