

文章编号: 1000-8349(2007)01-0013-09

大质量年轻星团和超星团

赵君亮

(中国科学院 上海天文台, 上海 200030)

摘要: 随着观测技术的进展, 在星系中观测到了越来越多的大质量年轻星团和超星团, 它们不能简单地归类于银河系中的疏散星团或球状星团, 因而其性质和演化意义日益为人们所关注。该文对大质量年轻星团和超星团的发现、观测特征以及演化意义进行了较为系统的概要介绍。

关键词: 天体物理学; 星团; 综述; 大质量年轻星团; 超星团; 银河系; 星系

中图分类号: P154 **文献标识码:** A

1 引 言

众所周知, 人们通常把银河系中的星团分为疏散星团和球状星团两大类, 它们在外形、大小、成员星数、成员星在团内的分布、年龄、元素丰度、团的空间分布以及运动学状态等性质上有着显著的差异^[1-3]。

疏散星团的外形较不规则, 包含的星数比较少, 从几十个到上千个, 团的质量通常不超过 $5 \times 10^3 M_{\odot}$ 。成员星在团内的分布比较松散, 向团中心的密集程度(中心聚度)较低。团的线直径在 1.5~15 pc 范围内, 大部分在 2~6 pc 之间, 且多数略呈扁状。因为疏散星团高度集中于银道面附近, 银面聚度高, 故又称为银河星团。疏散星团的累积绝对星等在 0~ -9 mag 之间, 分布的峰值在 -3.5 mag 左右。它们的金属度比较高, 年龄一般不超过 1 Ga, 但年龄谱比较宽, 最年轻的只有几百万年, 属于扁平子系或极端星族 I(年轻星族 I)。在运动学特征上, 疏散星团绕银心的转动速度比较大, 但速度弥散度小, 运动轨道与银道面的交角很小。

球状星团的外形较规则, 包含的星数少则几千, 多可达几百万, 质量范围为 $3 \times 10^4 \sim 3 \times 10^6 M_{\odot}$ 。成员星在团内呈球对称分布, 中心聚度很高, 以至近中心部分通常无法分辨出单颗恒星。团的线直径大多在 40~150 pc 之间。球状星团离散分布于银晕中, 因而银面聚度特别小, 但有一定的银心聚度。球状星团的绝对星等大多在 -9~-5 mag 之间(银河系中最亮的球状星团 ω Cen 的累积视星等 $m_v = 3.6$ mag, 绝对星等约为 -10.4 mag)。它们的金属度很低, 年龄一般约为 10 Ga 或更老, 属于球状子系或极端星族 II(晕星族)。球状星团绕银心的转

收稿日期: 2006-04-24; 修回日期: 2006-06-15

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目 (10333020)

动速度小, 但速度弥散度大, 运动轨道可以与银道面交任意角。

此外, 疏散星团与球状星团的赫罗图特征也有明显的不同。疏散星团赫罗图通常由下部的主序和上部的弯曲部分组成, 团的年龄越轻折向点位置越高, 主序越完整, 但主序的底部很宽。球状星团的赫罗图上总是缺少较亮的主序星, 因为大部分恒星已完成核的氢燃烧而离开主序, 而表现为弯曲状的红巨星和亚巨星分支, 以及与核的氦燃烧联系在一起的水平分支星。

在银河系中, 除了上述两类星团外, 还有一类恒星集团称为星协。星协又可分为两类, 即 O 星协 (又称 O、B 星协) 和 T 星协。前者是 O、B 型星的集团, 几乎所有的 O、B 型星都位于 O 星协之中; 而后者则是金牛 T 型变星的集合体。两类星协都属于银河系中的扁平子系或极端星族 I, 表现出很高的银面聚度, 与 HII 区、尘埃物质云以及年轻星团一起可能都分布在银河系的旋臂区域。另一方面, 星协比疏散星团大得多, O 星协的直径通常在 30~200 pc 之间, T 星协的直径也可达几十秒差距。通常认为星团是束缚恒星系统, 而星协则是一些年轻而又不稳定的非束缚恒星系统, 年龄不超过 3×10^7 a, 在银河系潮汐力场的作用下, 它们常会较快地瓦解。

上述恒星集团经典 (传统) 分类法主要是基于对银河系天体的观测结果而提出的。银河系是一个旋涡星系, 适用于银河系内星团的经典分类法, 未必完全适用于早型星系和不规则星系。另外, 银河系是一个正常星系, 目前它并不处于活动期, 因此星团的经典分类法很可能并不适用于星暴星系、活动星系、相互作用星系等非正常星系。还有, 银道面附近的星际消光非常严重, 早期的光学观测难以探测到银河系中低银纬的远距离星团; 或者说, 目前所观测到的星团样本很可能是不完备的, 尚未观测到的星团也许并不适用星团的经典分类法。

早期对河外星系中的星团则知之甚少, 随着观测技术的提高, 特别是空间天文观测技术和可见光以外的其他波段观测手段的逐步实现, 人们在河外星系中观测到越来越多的星团, 在银河系中也发现了深藏于星际云中的内埋星团。有些新星团的某些性质与经典分类系统中的疏散星团或星协相似, 而另一些性质则类同于球状星团, 从而对经典的星团分类法提出了挑战。大质量年轻星团和超星团以及其他一些相关的概念便是在这样的背景下提出的。

2 超星团的发现

事实上, 越来越多的观测表明, 在包括银河系在内的星系中, 存在着主要性质介于疏散星团和球状星团之间的一类恒星集团, 或者说这类星团的一部分性质接近疏散星团, 另一部分性质又类似球状星团, 而且具体情况随星系而异。一个典型的例子就是 LMC (大麦哲伦星云)。

早在 20 世纪 60 年代初, Hodge^[4,5] 就在 LMC 内观测到了 35 个年老的“红色”球状星团和 23 个年轻的“蓝色”球状星团。前者类似于银河系中的普通球状星团, 主序星的绝对星等 M_V 一般大于 0 mag, 年龄较老; 后者尽管在形状和成员星数上与银河系内的球状星团类似, 但因为包含了若干明亮的蓝星而呈蓝色, 主序星绝对星等 M_V 小于 0 mag, 相对比较年轻, 其演化图像类似于银河系中的疏散星团。21 世纪初, Da Costa 在 LMC 内观测到 10 余个经典的球状星团, 确定其年龄均约为 13 Ga, 但也观测到了若干个中年星团以及许多年轻星团^[6]。其中一些年轻星团和中年星团的质量范围为 $10^4 \sim 10^5 M_\odot$, 与银河系中球状星团的质量相近或略

小, 但比疏散星团的质量明显大。对于这样的星团, 有人称之为富星团。因为大部分富星团都是星系盘的组成部分^[7], 它们显然不适用上述银河系中星团的经典分类法。不仅如此, 在银河系中也已发现了一些类似的富星团^[8-10], 它们同样不能归入经典的星团类别。

从历史上来看, 首先提出超星团概念的也许当推 van den Bergh^[11]。他在对帕洛玛山天文台 5 m 望远镜所拍摄的星系 M82 (NGC 3034) 的近红外底片^[12-14] 进行仔细研究后发现, 在星系的中央区域分布有 10 余个明亮的星云状斑点, 其中 5 个亮斑点位于中心附近, 并构成一种扁长形结构。这些亮斑点的尺度约为 $2''$; 考虑到 M82 的距离为 3.2 Mpc^[15], 则斑点的线尺度约为 30 pc。中心附近 5 个亮斑点的平均绝对星等为 $\langle M_V \rangle \approx -15.9$ mag, 相应的光度为 $2 \times 10^8 L_\odot$ 。光谱观测表明, 这些亮斑点是一些非常明亮、致密的大质量年轻星团 (massive young cluster, MYC), van den Bergh 称之为超星团 (super star cluster, SSC)。超星团与超星协不同^[16], 尽管两者的累积光度相近, 但后者是恒星和星团的松散集合体, 属于旋臂天体, 而 M82 中的这些亮斑点是一些致密天体, 它们到星系中心的投影距离均不超过 0.5 kpc。

超星团的概念的最终形成可能始于 Arp 和 Sandage^[17] 以及 Melnick 等人^[18] 的工作。Arp 和 Sandage 在特殊星系 NGC1569 中心附近发现了两个明亮的致密天体 NGC 1569-A 和 NGC 1569-B, 它们光谱型分别为 A0 和 A2, 光度级均为 Iab, 累积光度 $M_V \approx -13$ mag, 质量不小于 $10^4 M_\odot$ 。经过详细的分析和比较, 他们认为这两个年轻的亮致密天体应该是超星团。Melnick 等人^[18] 的研究对象是不规则星系 NGC 1705, 并从中发现了一个明亮的超星团 NGC 1705-A, 其光谱型为 B3、光度级为 V, 光谱特征与 NGC 1569 中的两个超星团相类似, 但光度要大上 10 倍, 绝对星等 $M_B = -15.4$ mag, 质量估计为 $7 \times 10^6 M_\odot$ 。

事实上, 在 20 世纪 90 年代之前, 哈勃空间望远镜尚未发射升空, 对于河外星系中的大质量年轻星团, 特别是其中的致密超星团, 地面望远镜很难分辨出其中的恒星, 以致无法确认这些星团是否属于表观上的寄主星系, 而往往被误认为是一些前景星。比如, 人们曾一度猜测, LMC 中著名的亮星云剑鱼 30 (直径 120 光年) 的核区天体 R136 是一个超大质量恒星, 其质量高达 $1\,000 \sim 3\,000 M_\odot$ 。直到 1985 年, Weigert 和 Baier^[19] 利用全息斑点干涉技术才把 R136 中的恒星分辨出来, 从而知道它是一个致密的大质量年轻星团——超星团。

近年来, 有关星系中大质量年轻星团和超星团的观测和研究正在逐步深入。例如, 1999 年, Larsen 和 Richtler^[20] 系统地搜索 21 个近邻旋涡星系, 发现其中有一些星系含有许多超星团; 翌年, 他们^[21] 又讨论了 31 个河外星系中大质量年轻星团与寄主星系性质之间的关系, 其中包括 8 个特殊星系; 2001 年, Maíz-Apellániz^[22] 利用哈勃望远镜的观测资料, 对 27 个近距大质量年轻星团的结构特征做了较为系统的分析研究; 2005 年, de Grijs 等人^[23] 讨论了大质量年轻星团与老年球状星团之间的演化关系; 同年, Tsai 等人^[24] 利用甚大阵 (VLA) 取得 14 个近邻星暴星系的 K 波段观测图像, 发现了一批超星团以及因其激发而生成的射电-红外超星云 (radio-infrared supernebula, RISN)。

综上所述, 大质量年轻星团和超星团的存在已是不争的事实, 而与经典的银河系疏散星团和球状星团相比, 它们所表现出的一些特殊性质及在恒星、星团、星系的形成和演化过程中的作用, 已引起人们越来越大的兴趣。

3 主要观测特征

关于大质量年轻星团和超星团目前尚无明确一致的定义或观测判据, 一般认为大质量年轻星团的概念范围比较宽, 超星团是其中的致密天体^[11]; 而有人则把它们视作同一类天体^[20]。就目前的观测事实和研究结果来看, 这类星团主要有以下一些观测特征:

1) 这是一些年龄比较轻、质量比较大的蓝色致密星团, 其中年龄比较轻是相对银河系中的球状星团而言, 故早期曾称为年轻球状星团或蓝球状星团, 而质量比较大和致密程度则是相对银河系中的疏散星团而言。这类天体不仅出现在并合星系和星暴星系中, 而且在正常晚型星系中也已观测到了^[25-37]。它们的年龄一般为几百万年, 最年老的也只有几亿年; 质量通常大于 $3 \times 10^4 M_{\odot}$, 最大可达 $10^7 M_{\odot}$ 量级。星团的有效半径 (即半光半径) 最小为几个 pc, 最大可达 20 pc 或更大些。累积绝对星等 M_V 的大致范围为 $-9 \sim -15$ mag, 光谱型通常早于 A3 型。

2) 在寄主星系中的分布情况因星系而异。在有些星系中, 这类星团大多位于星系中心附近, 如在 M82 中, 这些星团离中心最远距离不超过 500 pc; 而在另一些星系中, 在远离星系中心的地方也观测到了超星团, 如在 NGC 1313 和 NGC 6946 中, 最远的团的投影中心距已达 3.7 kpc。在一些晚型星系中, 这类星团 (尤其是其中最年轻的星团) 往往并不表现为随机分布, 而是倾向于分布在旋臂上或旋臂附近。在图 1 中, 位于星系 NGC 2997 旋臂附近的亮斑点都是一些大质量年轻星团。



图 1 旋涡星系 NGC2997, 旋臂附近的亮斑点为 MYC^[44]

3) Maíz-Apellániz 对 8 个星系中 27 个大质量年轻星团的观测和详细分析表明^[22], 有些团表现出有一个明显的致密核, 在 3 pc 半径范围内核的累积绝对星等亮于 10 mag, 要比周围最明亮的恒星约亮 2 mag 以上; 有些团则看不出这样的核存在。大多数致密核的外形大致为圆对称, 也有少数呈长椭圆形, 或者表

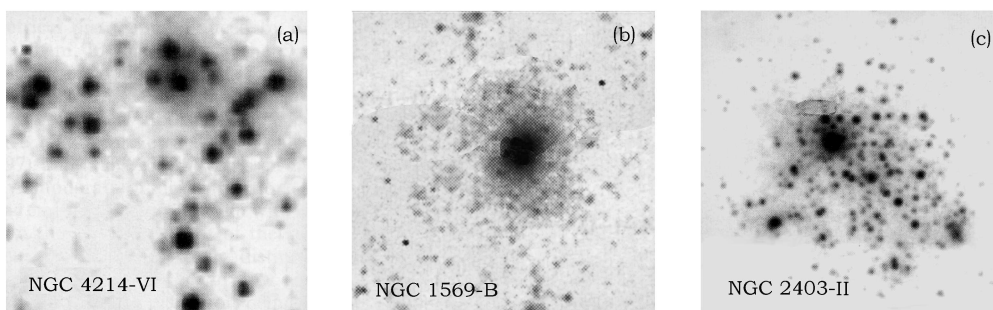


图 2

(a) 超重 OB 星协 NGC4214-VI^[22]; (b) 有弱晕的超星团 NGC1569-B^[22]; (c) 有显晕的超星团 NGC2403-II^[22]

现为某种双核结构。从形状和尺度大小来看, 无致密核团的外形类似于 OB 星协, 但质量要比银河系中的 OB 星协大得多, 故 Maíz-Apellániz 提议把这类天体称为超重 OB 星协 (scaled OB association, SOBA, 见图 2(a); 图 2 均为 HST 拍摄)。

有致密核超星团又可以分为 2 类: 一类团不存在晕, 或者在核的周围只有很微弱的晕 (见图 2(b)); 而另一类团则表现出有明显的晕 (见图 2(c)), 晕的亮度甚至可以超过核的亮度。晕的总体结构与超重 OB 星协的结构相类似, 而晕的中心通常与团核所在的位置并不一致。进一步的分析表明, 有弱晕的超星团的晕和核属于同一动力学结构成分, 核只是晕的中心区域; 超重 OB 星协的结构也属于这种情况。但那些有显晕的团则不同, 它们的晕和核属于两种不同的结构成分。

就目前的观测结果而言, 不同星系中大质量年轻星团的个数相差非常悬殊, 有的一个也没有, 如 NGC 1493 和 NGC 7741; 有的只有为数不多的几个, 如 NGC 45 和 NGC 4395 等; 而有的则含有几十个, 甚至超过 100 个大质量年轻星团, 如 NGC 5236 和 NGC 6946。

在一个富团星系内, 大质量年轻星团系统的光度函数具有以下幂律形式: $dN(L) \propto L^{-\alpha} dL$ 。因此, 为了讨论它们与寄主星系的关系, Larsen 和 Richtler^[21] 引入比光度 $T_L = 100L_C/L_G$ (其中 L_C 为星团系统的总光度, 而 L_G 是寄主星系的光度), 以取代广泛用于年老球状星团系统的比频^[38] $T_N = N \times 10^{0.4(M_B+15)}$, 后者的光度函数大体上服从对数正态分布。采用比光度而不用比频的另一个好处是, 比光度与星系距离的不确定性和星际消光无关。Larsen 和 Richtler^[20,21] 对于 21 个近邻非相互作用星系中 500 多个年轻大质量星团的分析表明, T_L (以及还有 T_N) 与星系的形态类别 (哈勃类型从 Sbc 到 Im) 并不存在明显的相关性, 这一点可能与 Kennicutt 和 Chu^[39] 的结论相左 (见图 3, 图中横坐标下方所注的数字为星系的哈勃分类参数)。

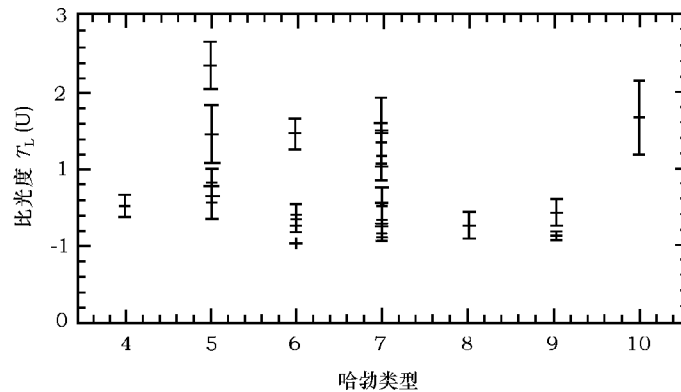


图 3 比光度与星系哈勃类型间的关系^[21]

5) 对于旋涡星系来说, 大质量年轻星团系统的年龄分布较为平滑, 这一点与星暴星系 (如 M82 和双天线状星系 NGC 4038/4039) 中同类星团在短时间内诞生的情况不同。另一方面, 正常星系中大质量年轻星团的绝对目视星等可达 -12 mag, 比银河系中光度最大的疏散星团要亮约 3 mag, 但比一些星暴星系 (如双天线状星系等) 中同类星团的目视光度来得小, 后者 $M_V = -13 \sim -15$ mag。

4 银河系中的大质量年轻星团

1980 年, Freeman^[40] 在有关 LMC 中的年轻球状星团的评述中提出: “为什么在 LMC 中形成的这类系统在银河系中没有发现?” 很明显, 在银河系中即使存在这类年轻星团也很难观测到, 因为它们位于银道面附近, 甚至深埋于气体尘埃云中, 严重的星际消光 (比如消光量达到 10 mag 或者更厉害) 使得对这类星团的可见光观测失效。要解决这个问题, 必须利用红外观测。

20 世纪 90 年代末, Figer 等人^[8] 利用哈勃空间望远镜的近红外观测资料, 在银河系中心附近观测到了 2 个非常年轻的星团, 它们的投影银心距约为 30 pc, 年龄为 2~4 Ma, 而质量略大于 $1 \times 10^4 M_{\odot}$ 。Figer 等人经过仔细的分析后认为, 尽管这 2 个星团的质量已接近超星团质量的低端, 但不大可能是原球状星团, 因为在银河系中心强潮汐力场的作用下它们会很快地瓦解。

2000 年, Knödseder^[9] 利用 J、H 和 K 波段的 2MASS 红外观测资料, 重新研究了天鹅 OB2 星协。考虑到天鹅 OB2 的质量 ($4 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4 M_{\odot}$)、密度 ($40 \sim 150 M_{\odot} \cdot \text{pc}^{-3}$) 和大小 (半光半径 6.4 pc), 他认为这更像是一个年轻的球状星团, 而不是星协。

最近, Clark 等人^[41] 宣布, 他们利用在欧南台 (ESO) 所作的光学和红外的测光和光谱观测, 发现了银河系中的第一个超星团 Westerlund 1 (Wd 1)。该星团首先是由 Westerlund^[42] 于 1961 年发现的, 位于天坛座, 赤道坐标为 $\alpha_{1900} = 16^{\circ}41'.0$, $\delta_{1900} = -45^{\circ}39'.8$, 该区域的 V 波段消光值约为 -12.9 mag 。他们在星团天区证认出大约 200 个可能的成员星, 其中 95% 集中在团心距不到 $2'(2.9 \text{ pc})$ 的范围内, 而大约有 50% 的可能成员星位于半径约 $25''(0.6 \text{ pc})$ 的内区。根据 Clark 等人的研究, Wd 1 到太阳的距离不超过 5.5 kpc, 质量约为 $10^5 M_{\odot}$, 年龄为 3~5 Ma, 并且认为它可能是球状星团的前身天体。

5 形成和演化意义

随着星系中大质量年轻星团和超星团的不断发现, 它们的形成机制及其在恒星演化中的作用和地位越来越为人们所关注。由于观测资料相当有限, 而寄主星系的情况又比较复杂, 一些重要的细节问题至今并没有完全搞清楚, 或者还没有取得一致的看法。目前对有关问题一些主要方面的认识是:

1) 旋涡星系中大质量年轻星团和超星团系统有着较为平滑的年龄分布, 这说明在晚型星系中, 这类星团并不是在某一次短时标恒星爆发形成过程中诞生的, 它们至少可以在几亿年的时间内, 以一种相对比较平稳的方式, 持续不断地产生出来。这一点与星暴星系或并合星系中同类星团的形成情况不同, 后者显然是在最近不到 $1 \times 10^3 \text{ Ma}$ 的时间内诞生的, 而且很可能与星系间的相互作用有关。

2) 无论是正常星系还是相互作用星系, 寄主星系中大质量年轻星团的形成效率与恒星形成的活动性密切相关。恒星形成率越高, 这类星团的形成效率也越高。一方面, 观测表明星系中大质量年轻星团的分布与星系的 $\text{H}\alpha$ 面亮度轮廓相一致, 而 $\text{H}\alpha$ 的面亮度可以看作为恒星形

成情况的某种标志。另一方面, 如果定义 Σ_{SFR} 为星系单位面积 (比如每 kpc^2) 的恒星形成率, 则 Σ_{SFR} 与星团 U 波段的比光度 $T_L(U)$ 之间有着较好的相关性^[21](见图 4)。

3) 星暴星系和并合星系中这类星团的形成, 很可能只是某种普遍现象的极端性情况, 而在正常星系内也有可能存在着能够生成大质量年轻星团的条件。因此, 与近邻星系的相互作用以及星系内存在强烈的旋涡密度波, 都不是生成大质量年轻星团的必要条件, 而高的恒星形成率才是形成这类星团所必需的环境条件, 这一点与球状星团形成的情况相一致^[43]。尽管对高恒星形成率与生成大质量星团两者之间的具体物理联系还不是很清楚, 但对此已经提出了一些解释机制^[21,44]。

4) 除了质量外, 有 2 个主要因素促使人们考虑这些年轻的大质量星团和年老的球状星团之间的演化关系。(1) 至少对有些星系来说, 其中的大质量年轻星团的质量函数, 与老年球状星团系统亮端的质量函数相类似, 都具有幂律分布的形式, 因而两者之间可能存在某种演化关系^[20,45]; (2) 最近的研究发现^[44], 本星系群内不同星系中球状星团系统的 V 波段光度 L_V , 与中央区域速度弥散度 σ_0 之间存在相当好的普适性相关关系, 从而表明这种关系必然是内禀的, 应该与球状星团的起源有关; 而局域宇宙中大部分大质量年轻星团, 在经过 12 Ga 的模拟演化后, 最终都会表现出与球状星团系统类似的 $L_V - \sigma_0$ 关系^[23]。因此, 有人认为所有的 (或者至少是其中一部分) 大质量年轻星团, 可以存在 10 Ga 或更长的时间, 并最终演化为今天在不同星系中所观测到的球状星团。这类大质量星团有可能是年老球状星团的前身天体, 并用以解释球状星团基本面的起源问题^[23]。

对于天文学家来说, 大质量年轻星团和超星团无疑展示了一种与经典的疏散星团、球状星团以及星协在性质上截然不同的恒星集团, 这正是人们对其广泛关注的主要原因。尽管观测资料的数量和质量日益丰富和提高, 理论工作也在不断深入, 但对各星团内部结构的认识和对星团长期动力学演化的理论研究仍嫌不足。一些重要问题 (比如恒星形成率和大质量年轻星团形成效率之间的内在联系, 这类星团的形成和演化与寄主星系的关系, 以及它们能否存在足够长的时间而不被瓦解并最终演化为“真正的”球状星团等) 至今尚未得到很好的解决, 或者仍然是有争议的。

参考文献:

- [1] 容建湘. 恒星天文学 [M]. 北京: 高等教育出版社出版, 1996.
- [2] Binney J, Merrifield M. Galactic Astronomy[M]. Princeton: Princeton University Press, 1998.
- [3] 克罗斯韦尔. 银河系 [M]. 黄磷 (译). 海口: 海南出版社, 1999.
- [4] Hodge P W. ApJ, 1960, 131: 351.

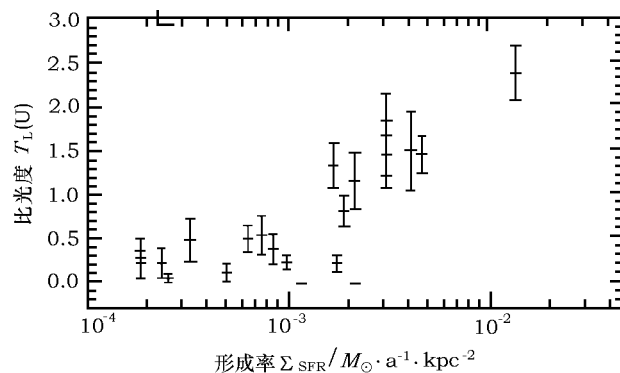


图 4 单位面积恒星形成率 Σ_{SFR} 与比光度 $T_L(U)$ 之间的关系^[21]

-
- [5] Hodge P W. ApJ, 1961, 133: 413.
- [6] Da Costa G S. The Star Cluster Systems of the Magellanic Clouds[C]. IAU Symp, 207.San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 2002, 83.
- [7] Moffat A F J, Drissen L, Shara M M. ApJ, 1994, 436: 183.
- [8] Figer D F, Kim S S, Morris M, et al. ApJ, 1999, 525: 750.
- [9] Knödlseder J. A&A, 2000, 360: 539.
- [10] Freeman K C, Illingworth G, Oemler A. ApJ, 1983, 272: 488.
- [11] van den Bergh S. A&A, 1971, 12: 474.
- [12] van den Bergh S. ApJ, 1969, 156: L19.
- [13] Bertola F, D' Odorico S, Ford W K, et al. ApJ, 1969, 157: L27.
- [14] Raff M I. ApJ, 1969, 157: L29.
- [15] Tammann G A, Sandage A R. ApJ, 1968, 151: 825.
- [16] Shahbazian R K. Astrofiz, 1970, 6: 367.
- [17] Arp H, Sandage A. AJ, 1981, 90: 1163.
- [18] Melnick J, Moles M, Terlevich R. A&A, 1985, 149: L24.
- [19] Weugert G, Baier G. A&A, 1985, 150: L18.
- [20] Larsen S S, Richtler T. A&A, 1999, 345: 59.
- [21] Larsen S S, Richtler T. A&A, 2000, 354: 836.
- [22] Maíz-Apellániz J. ApJ, 2001, 563: 151.
- [23] de Grijs R, Wilkinson M I, Tadhunder C N. MNRAS, 2005, 361: 311.
- [24] Tsai C W, Turner J L, Beck S C. A&AS, 2005, 207: 2108T.
- [25] Barth A J, Ho L C, Filippenko A V, et al. AJ, 1995, 110: 1009.
- [26] Brandl B, Sams B J, Bertoldi F, et al. ApJ, 1996, 466: 254.
- [27] Bresolin F, Kennicutt R C, Stetson P B. AJ, 1996, 112: 1009.
- [28] Christian C A, Schommer R A. AJ, 1988, 95: 704.
- [29] Holtzman J A, Faber S M, Shaya E J, et al. AJ, 1992, 103: 691.
- [30] O'Connell R W, Gallagher III J S, Hunter D A. AJ, 1994, 433: 65.
- [31] O'Connell R W, Gallagher III J S, Hunter D A, et al. ApJ, 1995, 446: L1.
- [32] Östlin G, Bergvall N, Rönnback I. A&A, 1998, 335: 85.
- [33] Schweizer F, Miller B W, Witemore B C, et al. AJ, 1996, 112: 1839.
- [34] van den Bergh S. ApJ, 1991, 369: 1.
- [35] Watson A M, Gallagher J S, Holtzman J A, et al. AJ, 1996, 112:534.
- [36] Whitmore B C, Schweizer F, Leitherer C, et al. AJ, 1993, 106:1354.
- [37] Whitmore B C, Schweizer F. AJ, 1995, 109: 960.
- [38] Harris W E, van den Bergh S. AJ, 1981, 86: 1627.
- [39] Kennicut R C, Chu Y H. AJ, 1988, 95: 720.
- [40] Freeman K C. Star Clusters. IAU Symp. 1980, 85: 317.
- [41] Clark J S, Negueruela I, Crowther P A, et al. A&A, 2005, 434: 949
- [42] Westerlund B E. PASP, 1961, 73: 51
- [43] Elmegreen B G, Efremov Y N. ApJ, 1997, 480: 235
- [44] Larsen S S. A&AS, 1999, 139: 393
- [45] Zhang Q, Fall S M. ApJ, 1999, 527: L81

Massive Young Cluster and Super Star Cluster

ZHAO Jun-liang

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

Abstract: As astronomical observational technologies have been developing, more and more massive young clusters (MYC) and super star clusters (SSC) in different galaxies including normal ones, starburst ones and mergers have been found, some properties of which are different from either open or globular clusters in the Galaxy, mainly their ages being significantly younger than those of globular ones in the Milky Way galaxy on one side and they being obviously more massive than open ones on the other side. Up to now, at least one SSC has been found in our own galaxy.

The main observational characteristics of MYCs or SSCs are as follows : 1) They are young and massive star clusters. Usually their ages are several million years, the oldest ones of which are not over a few hundred million years, their masses are $3 \times 10^4 - 10^7 M_{\odot}$, and the range of their effective radii is a few parsecs to 20 pc, even a bit bigger. 2) The distribution of MYCs in host galaxies is quite different from one galaxy to another. In some galaxies most of MYCs are close to the galactic centers, and in other galaxies they have been observed at places far from the centers. 3) A bright compact nucleus can be easily observed in some MYCs and there is no obvious nucleus for other MYCs. 4) The numbers of MYCs in different galaxies are of significant difference, from zero to a few dozens, even more than 100. 5) The distribution in ages is quite smooth for spiral galaxies, being not the case of star burst galaxies, in which MYCs are apparently formed in a relative short period.

The formation efficiency of MYCs is in close relationship with star formation rate(SFR) for both normal galaxies and interacting ones, and the higher the SFR, the higher the formation efficiency of such clusters. So far as the evolutionary significance of MYCs is concerned, MYCs, at least some of them, are possible precursor objects of globular star clusters for some reasons, which can be used to explain the origin of globular clusters.

Since observational data for MYCs or SSCs in galaxies have been obtained are limited by now, some important problems for such clusters remain to be further studied and solved, such as what is the intrinsic relationship between the SFR and the formation efficiency of MYCs, is there some relationship between the formation and evolution of MYCs and their host galaxies, and whether can MYCs exist for long enough time to be finally evolved to form globular clusters?

Key words: astrophysics; star cluster; review; massive young cluster; super star cluster; Milky way galaxy; galaxy