

疏散星团中的耀星及其演化学意义

王 家 骥

(中国科学院上海天文台 上海 200030)

摘 要

耀星是红矮星早期演化的一个必经阶段, 这个阶段的持续时间取决于恒星的质量。在年轻和比较年轻的疏散星团(和星协)中, 都含有大量耀星, 它们的光度分布是疏散星团(或星协)年龄的标志。在昴星团中已发现大量耀星, 对它们的自行、测光和分光资料进行深入的统计研究, 对于解决疏散星团及矮星起源和演化问题, 有着极其重要的价值。

关键词 恒星: 耀星 — 疏散星团和星协: 普遍 — 疏散星团和星协: 昴星团

1 引 言

最早引起天文学家注意的耀星是一颗银河系普遍星场内的恒星。这颗星由 Luyten 于 1949 年发现, 光谱为 M6 型, 含有发射线, 作为变星命名为鲸鱼 UV。后来在银河系普遍星场中发现了约 100 颗与鲸鱼 UV 星相类似的耀星, 它们被称为鲸鱼 UV 型星。由于鲸鱼 UV 型星的光度都很小, 这些已发现的星都位于太阳附近相当小的空间范围内, 大多数不超过 25pc。

1953 年, Haro 在猎户星云区的星协中发现了耀星^[1]。过了几年, Johnson 和 Mitchell^[2] 在对昴星团成员作光电测光时偶然地检测到了耀星。随后, 在 NGC 2264、鬼星团、毕星团、后发星团等许多疏散星团中都发现了耀星^[3]。据此, Haro 和 Chavira^[3] 得出结论, 耀星普遍存在于各种年龄, 尤其是年轻和比较年轻的疏散星团(包括星协; 下同)中。

这一发现业已证明对恒星演化问题具有重要意义。耀星被认为是一切红矮星演化早期必经的一个阶段。Haro^[4] 早在 1955 年就提出红矮星的耀发活动阶段是紧跟在金牛 T 型星阶段之后的一个演化阶段的想法。

L. V. Mirzoyan 等人^[5] 较近的研究表明, 鲸鱼 UV 型星在物理特性方面与疏散星团中的耀星有着许多相似之处。它们被认为曾经是现在已瓦解了的疏散星团或星协的成员, 但因光度非常小(于是质量也比较小), 所以比它们原来所在星团的寿命更长地保持

着耀发状态。

因此，正如 L. V. Mirzoyan^[6] 所说，依靠耀星的观测和研究，看来有可能最终解决矮星的演化问题。耀星研究现已成了天体物理学的一个重要课题，也是疏散星团研究中的一个重要方面。

2 疏散星团中耀星的搜索及数量估计

墨西哥 Tonantzintla 天文台以 Haro 为首的天文学家们，最早开展了对疏散星团耀星的系统搜索。1966 年，Haro 和 Chavira^[3] 汇总了当时对猎户星云、金牛暗星云、NGC 2264、昴星团、后发星团、鬼星团和毕星团中耀星的系统性搜索的结果。同时开展这方面工作的还有意大利 Asiago 天文台的 Rosino 等人，Haro 和 Chavira 的论文中纳入了他们的观测结果，并且还纳入了 Joy 编制的太阳附近鲸鱼 UV 型星的数据以供比较。

事实上，在一个星团中，已搜索到的耀星，只是这个星团中所包含的耀星的一部分。1969 年，亚美尼亚 Byurakan 天体物理台的 Ambartsumian^[7] 假定每一颗耀星的耀发时间分布具有随机性，并且一个星团内所有耀星的平均耀发频率相等，则该星团内未知耀星数目 n_0 可以用已知耀发一次的耀星数目 n_1 和耀发两次的耀星数目 n_2 估计如下：

$$n_0 = \frac{n_1^2}{2n_2} \quad (1)$$

考虑到一个星团内不同耀星的平均耀发频率事实上不相等，则 (1) 式给出了 n_0 的下限。Ambartsumian^[7] 把 (1) 式运用于昴星团，表明在这个星团中除了当时已知的 60 颗耀星之外，至少还有 260 颗耀星尚未观测到。

上述估计鼓励了人们对疏散星团区域内耀星开展更加广泛、深入的搜索。其结果，由于在 Tonantzintla、Asiago、Byurakan 及其他天文台进行了照相观测，因此在短期内就发现了大量耀星。表 1 内是由 Aniol 等人^[8] 给出的 1989 年以前在疏散星团中已发

表 1 在疏散星团中已发现的耀星数目及观测总时间^[8]

星团名称	耀星数目	观测总时间 (h)
昴星团	539	3250
猎户 M42/M43	499	1590
金牛暗星云	102	870
NGC7000-IC5068/70	75	1185
鬼星团	54	660
麒麟 -NGC2264	42	100
仙后 -W3,IC1848	25	62
天鹅 γ -IC1318	17	300
后发疏散星团	14	338
仙王 -NGC7023	14	50

现的耀星数目及相应的观测总时间。在 Aniol 等人的论文中还列出了详细的参考文献。这里值得一提的是 Haro 等人 1982 年发表的昴星团耀星星表和证认图^[9]及 Natsvlishvili 在 1989 年发表的猎户星云区域耀星星表^[10]。这两份星表分别包含了 520 颗和 491 颗耀星, 并且都附有证认图。

目前, 耀星的搜索工作仍还在继续进行。例如, Aniol 等人正在对南天的星协区域开展耀星的系统搜索^[8]; K. L. Jones 和 Page 报道了对南天疏散星团 M7, IC2602, IC2391 和 NGC 2516 中耀星进行长期搜索的结果^[11]; Chavira 等人报道在猎户星协区域发现了新耀星及原来耀星的重复耀发^[12]; Gonzalez 等人在鬼星团区域中也发现了新耀星^[13]。

表 2 内是由 L. V. Mirzoyan 和 Ohanian^[14] 在 1986 年给出的某些近距离星团中, 已发现耀星数目 n 以及未发现耀星数目 n_0 和耀星总数 N 的估值。此表中的数据可显示出在年轻和比较年轻的星团中其耀星异常丰富。此表中有几个星团的耀星数目与表 1 不一致, 这是因为不同作者所依据的资料有差别。例如, 对于昴星团, 表 1 中 Aniol 等人依据的主要是 Haro 等人 1982 年的星表和保加利亚 Tsvetkov 等人 1989 年的一份尚未公开发表的星表, Byurakan 天文台的结果只用了 Chavushian 1979 年的学位论文中的资料; 但在表 2 中, L. V. Mirzoyan 和 Ohanian 主要依据的是他们自己在 Byurakan 天文台的同行们的工作及收集到的资料。不过, 个别星团数据的微小差别并不会影响由这些表所表明的基本事实。

表 2 在某些近距离的星团中耀星的数目^[14]

星团或星协	n	n_0	N
昴星团	546	448	994
猎户 I	482	989	1471
金牛暗星云	102	430	532
天鹅 (NGC7000)	67	336	403
鬼星团	54	161	215
麒麟 I(NGC2264)	42	400	442

Ambartsumian^[7] 曾经根据昴星团中耀星总数的估计认为, 在这个星团中几乎所有的小光度星都是耀星。由此导致的自然结论是所有处在演化的一定阶段上的矮星都具有耀发活动。也就是说, 耀发活动是红矮星的某个演化阶段的特征。

但是, 后来发现, Ambartsumian^[7] 关于昴星团中几乎所有小光度星都是耀星的论断是不够严格的。事实上昴星团区域内的小光度星大约有半数在全部观测时间内均未发现耀发。L. V. Mirzoyan 和 Ohanian^[15] 把上述情况解释为恒星的耀发活动具有周期性, 频繁耀发期与比较平静期交替地出现。他们认为昴星团中一部分小光度星正处于比较平静期, 所以未观测到它们耀发。

3 不同年龄疏散星团中的耀星

Hero 和 Chavira^[3] 指出, 鲸鱼 UV 型星的年龄不超过 10^9 yr, 因为在年龄大于 10^9 yr

的星团中没有发现一颗耀星。疏散星团中耀星最早的光谱型是 K1。在非常年轻的星团中，耀星的光谱型有很宽的分布范围，从 K1 一直到最晚的光谱型，并且对主序的偏离也大，具有相当大弥散度。

在一个疏散星团中耀星的最早光谱型和最亮星等与星团年龄之间的关系，已被许多观测事实所证明。Parsamian^[16] 首先证实在一个星团中最亮耀星的绝对星等 M_f 与星团年龄 t 的相关性，并指出这种关系可能是单调的。Pigatto^[17] 改进了这一关系。他使用 NGC 2264、昴星团和鬼星团中的最亮耀星资料，并且由超射演化模型得出一组新的等龄线，用它们来拟合赫罗图上的转出段，确定星团的年龄，还采用 NGC2264 的距离模数新值，得到了 M_f 与 $\log t$ 之间相当好的线性关系 (图 1)。

L. V. Mirzoyan 和 Brutian^[18] 研究了若干星团中的耀星及太阳附近鲸鱼 UV 型星按绝对星等的分布。这些星团包括：猎户，NGC7000，昴星团，鬼星团。L. V. Mirzoyan 和 Hambarian^[19] 根据新的资料对这个问题作了新的研究，并增加了金牛暗星云和 NGC 2264。结果相当清楚地表明，当星团变得更年老时，光度分布的极大向小光度一侧移动。

根据上述分布，L. V. Mirzoyan 和 Hambarian^[19] 计算了耀星平均绝对照相星等 \bar{M}_{pg} 与星团年龄 t 之间的关系，证实了 L. V. Mirzoyan 和 Brutian^[18] 的结果：耀星的平均光度随着星团变得更年老而系统地减小。与 Pigatto^[17] 的结果相似， \bar{M}_{pg} 与 $\log t$ 之间呈现很好的线性关系。

在 L. V. Mirzoyan 和 Hambarian^[19] 的研究中，唯一呈现例外的是 NGC 2264。按照耀星光度分布，这个星团似乎比猎户星协还年轻。在 \bar{M}_{pg} 与 $\log t$ 关系图上，按照实际年龄，NGC 2264 明显地偏离线性关系。L. V. Mirzoyan 和 Hambarian^[19] 将此解释为观测选择效应：因为这个星团距离最远，并且观测时间也不够长，很多较暗的耀星尚未发现。按照表 2 中的估计，这个星团中，已发现的耀星仅占耀星总数的十分之一。

按照恒星演化理论，恒星的演化速度随着质量增加而急骤加快。疏散星团中耀星的最早光谱型和最亮星等、光度分布及平均亮度与星团年龄之间的关系，正是恒星演化理论正确性的一个证明，同时也证明恒星的耀发活动是恒星早期演化的一个阶段性特征。

L. V. Mirzoyan^[8] 指出，根据猎户星协 (年龄为 10^6 yr 数量级) 中耀星的存在，可以认为耀发活动在恒星年龄约 10^6 yr 时就已经出现；耀发活动阶段的持续时间因恒星质量不同而异，最长可超过 10^9 yr (例如鲸鱼 UV 型星)。Kunkel^[20] 的理论计算表明，绝对星等 15mag 的恒星耀发活动阶段可持续将近 10^{10} yr，即接近我们银河系的年龄。

不同年龄星团中耀星的赫罗图之间，除了最明亮星光谱型的差别以外，离开主序的星

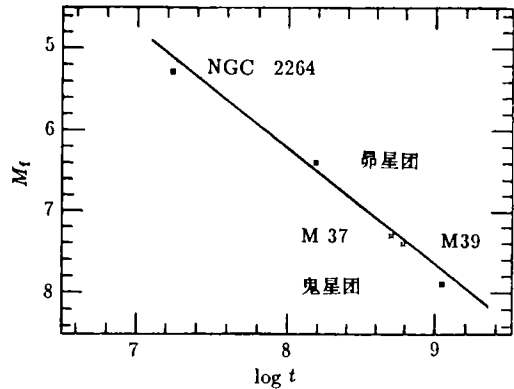


图 1 最亮耀星的绝对星等与所在星团年龄对数的关系。星团年龄根据太阳化学成分的超射等龄线定出^[17]

等差也有所不同。在最年轻的星团中耀星离开主序的星等差最大,而当星团年龄增加时星等差则逐步减小。对于同一星团,星等差则向小光度一端增加。Andrews^[21]及 Chavushian 和 Garibjanian^[22] 分别画出的猎户星协及昴星团中耀星的赫罗图,证实了以上规律:在昴星团的赫罗图上,耀星离主序的偏差明显地比猎户星协小。这些特点同样都可以用恒星演化理论来说明。

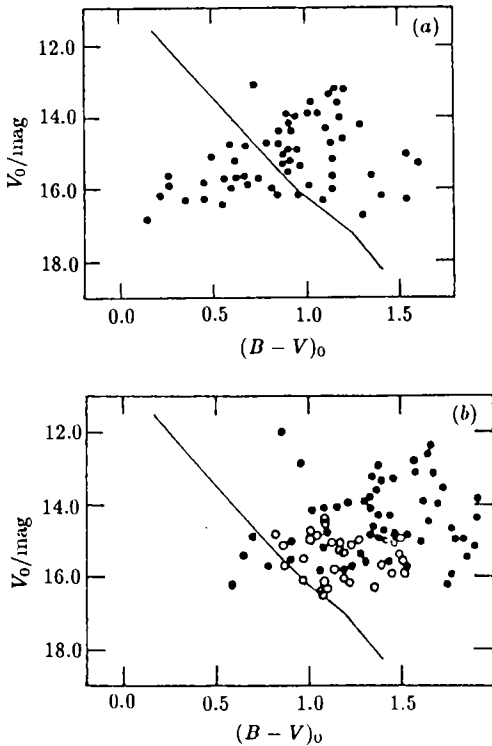


图2 (a) 在 NGC2264 的颜色星等图上 $H\alpha$ 发射星的位置; (b) 在扣除星周影响后颜色星等图上 $H\alpha$ 发射星的位置 (空圈是没有 $H\alpha$ 发射的星)^[28]

金牛 T 型星在赫罗图上的分布也有类似现象。Gotz^[28] 把金牛 T 型星和耀星的这种现象与这些恒星的星周壳层联系起来。他认为,在恒星演化早期很高的质量流失速率使得恒星周围形成了气体和尘埃的壳层,它们引起光的衰减和色余;在扣除这种星周壳层的影响以后,原来位于主序下方的恒星就移到了主序上方。他对 NGC 2264 中的 $H\alpha$ 发射星按照 $H\alpha$ 发射强度来扣除星周影响,结果成功地使绝大部分星移到了它们在主序前演化阶段应有的位置,即主序的上方(图 2)。

Lada 在对 Gotz 的上述工作作讨论时曾指出,如果星团中有可变消光,则在适当扣除红化后,也可使原来位于主序下方的恒星移到主序上方^[28]。L. V. Mirzoyan 和 Hambarian^[19] 指出,在猎户、NGC 2264 和金牛暗星云中,事实上所有的星都浸没在弥

A. L. Mirzoyan^[23] 最近还用昴星团中 273 颗耀星的 V, B-V 图,分析证明了在一个星团内耀星的耀发活动随 V 的减小和 B-V 的增加而更加频繁。这一情况也在恒星演化理论的预计之中。

年轻星团中耀星的赫罗图还有一个突出的现象,即有大量恒星出现在主序的下方。例如,在 Andrews^[21] 的猎户星协耀星的 V, B-V 图上,视星等亮于 15mag 的星位于主序上方,而更暗的星则几乎平均地分布在主序两侧。Chavushian 和 Garibjanian^[22] 的昴星团耀星赫罗图也存在类似情况。Jankovics^[24] 在鬼星团中以及 Tsvetkov^[25] 在天鹅座的 NGC 7000 和 IC 5068-70 星云中也发现了这种现象。Starikova^[26] 甚至在鲸鱼 UV 型星的赫罗图上也已发现个别恒星位于主序下方。这对于恒星演化理论来说极有意义。

以弥漫物质凝聚成恒星的假设为基础的现代恒星早期演化理论,不能解释上述现象。按照这些理论,在赫罗图上主序下方不应该有年轻恒星存在。一些人试图从理论上克服这一困难,L. V. Mirzoyan^[27] 认为他们并未成功,并认为这一困难依然是理论不可逾越的障碍。

漫物质中；在较为年老一些的星团中，这种联系变得较弱；而对于最年老的耀星即鲸鱼 UV 型星，则几乎没有这种联系。若 Lada 的看法是正确的，则星团越年轻，因弥漫物质引起的可变消光应该越显著，位于主序下方的恒星应分布在离主序更远的范围内。这与观测是吻合的。

4 昴星团中的耀星和昴星团的演化

如前所述，昴星团是迄今为止耀星观测总时间最长、已发现耀星最多的疏散星团，而且年龄又较轻（约为 10^8 yr），因此，对昴星团中的耀星作深入的观测统计研究，并且与解决昴星团的形成和演化问题联系起来，无疑具有特殊的意义，并且有可能取得重要的成果。

首先是昴星团天区内的耀星与昴星团的联系问题。Haro 和 Chavira^[3] 在 1966 年依据当时的自行资料估计这些耀星有 20% 左右不是昴星团的成员。Chavushian^[29] 在 1979 年依据丰富的资料重申了 L. V. Mirzoyan 指出的一种现象：这一天区内的耀星，不管依据自行是不是星团成员，在天球上的分布都向昴星团中心强烈地集中。

B. F. Jones^[30] 在 1981 年测量了昴星团天区内 232 颗耀星的自行，并依据这些自行估计 194 颗星的成员概率，其中成员概率低于 0.5 的星共 67 颗，约占 35%。B. F. Jones 指出这些非成员耀星很大部分事实上可能是背景星，它们在绝对自行的矢点图上集中于 (0, 0) 附近，且弥散度与其误差没有显著差别；由于它们的距离应该比昴星团远得多，因此按其光度不可能是耀星。这些星一般只观测到过一次耀发，很可能是观测者错误地把它们证认为耀星。

A. L. Mirzoyan^[31] 在 1983 年指出，B. F. Jones 的结果与 L. V. Mirzoyan 及 Chavushian 的结论相矛盾，证明了不能仅仅根据自行判断耀星与星团的联系。A. L. Mirzoyan 的工作表明，按照 B. F. Jones^[30] 的自行数据，不管成员概率多大，昴星团天区中耀星的面密度和空间密度都随着离星团中心距离增加而减小，而其平均自行相对于星团平均自行的偏离则增大。

L. V. Mirzoyan 等人^[5] 1988 年对于银河系普遍星场中耀星的统计研究表明，在昴星团天区的耀星中，属于银河系普遍星场的星不超过 10%。L. V. Mirzoyan 等人^[32] 在 1989 年对猎户星协、昴星团和太阳附近耀星相对数量的统计研究中，若以自行为成员判别标准，得出昴星团中耀星相对数量约为 50%，且与光度无关；可是猎户星协中及太阳附近耀星相对数量均随光度减小而明显地单调增加，并且对于猎户星协中较暗的星高达 76%。虽然对于猎户星协，在判别成员性时，除了考虑自行以外，还把在赫罗图上的位置以及向星协中心集中的趋势也作为成员判别的补充标准，但是对于太阳附近的耀星，即鲸鱼 UV 型星，并不存在判别成员性的问题。L. V. Mirzoyan 等人^[32] 于是把昴星团天区中所有的耀星都看作成员星，得出了与猎户星协类似的结果。

A. L. Mirzoyan 和 Mnatsakanian^[33] 1990 年讨论了昴星团天区耀星相对自行（即相对于星团平均自行的偏离）大小与平均耀发频率之间的关系，结果发现，具有较小相对自行的耀星平均耀发频率弥散非常大，而有较大相对自行的耀星平均耀发频率则都很小。

并且自行分布在 $2''.5/$ 世纪处有一个缺口(见图 3)。据此, 昴星团天区的耀星可以明显地分为两群, 两群的物理参数有很大差别。A. L. Mirzoyan 和 Mnatsakanian^[33] 把造成这两群耀星差别的原因归之于双星, 即具有较小相对自行的那群耀星是双星。

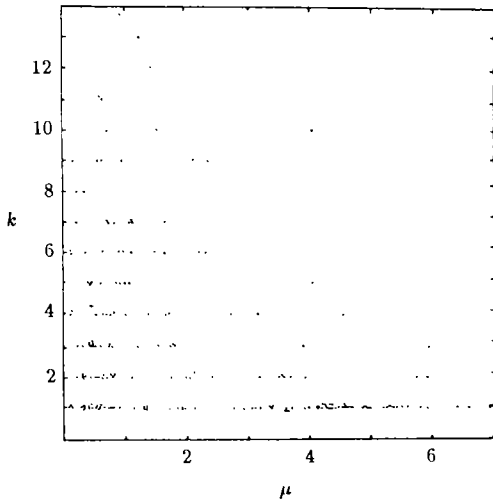


图 3 耀星相对自行 (μ) 和耀发次数 (k) 的观测数据^[33]

不过, 根据图 3, 具有较小相对自行的耀星在数量上明显地占了绝大多数。这就产生一个疑问: 昴星团中的耀星为什么绝大多数是双星? 很自然, 我们宁可按照通常的认识, 仅把相对自行较小的耀星看作成员星, 而把相对自行较大的那些星看作场星, 从而反过来证明了 B. F. Jones^[30] 的结论的正确性。

因而, 昴星团天区内耀星的成员性依然是一个需要深入研究的问题。那些自行明显偏离星团平均自行的耀星究竟是否是成员星? 如果是, 它们为什么会有较大的相对自行, 并且在其他物理参数方面都与相对自行较小的耀星有明显区别, 尤其平均耀发频率都很小? 如果不是, 那么如何解释它们在空间分布方面向星团中心

集中的强烈趋势, 以及昴星团耀星相对数量随光度的变化规律不同于猎户星协 and 太阳附近区域? 这些问题的解决, 显然对于研究昴星团的起源和演化极有价值。

最近几年, Stauffer 等人^[34] 和 Hambly 等人^[35] 对昴星团内的暗成员星进行了新的搜索。Stauffer 等人给出了 Haro 等人^[9] 的耀星星表中 371 颗星的自行成员概率, 比 B. F. Jones^[30] 星数增加了 60%, 其中公共星的成员概率无大的差别, 但成员星在所有耀星中占的比例提高到 78%。Hambly 等人给出了昴星团中心附近大约 $5^\circ \times 5^\circ$ 范围内 440 颗甚小质量的自行成员星的名单和证认图, 虽只给出自行而无成员概率, 但这些星的自行与场星的自行有十分明显的区别。因为这些小质量星大多应该有耀发活动, Hambly 人等的星表无疑对耀星研究有很重要的意义。B. F. Jones^[30] 的资料加上 Stauffer 等人^[34] 和 Hambly^[35] 的资料, 使得昴星团区域耀星的成员性问题的最终澄清有了更坚实的基础。

另一个与昴星团耀星有关的争论问题是: 昴星团内的恒星是否是在一个较长的时期内形成, 或者说分两次形成的问题。Herbig^[36] 在 1962 年把昴星团上部主序年龄与小质量主序前年龄极限相比, 认为后者要比前者年老 $1.5 \times 10^8 \text{yr}$ 以上, 因而小质量星形成于大质量星之前。由于昴星团中心小质量星大部分是耀星, 因此这个问题也就与耀星的研究密切相关。

Stauffer^[37] 1980 年的昴星团 BVRI 测光结果表明, 主序前转入点在 $V \approx 15.0 \text{mag}$ (或 $M_V \approx 9.35 \text{mag}$) 处, 由此定出的年龄为 $2.2 \times 10^8 \text{yr}$ 。B. F. Jones^[30] 指出, 为了解释 Stauffer^[37] 的观测结果, 将不得不提出如下他自己也认为不太可能成立的关于昴星团形

成历史的假定：(1) 在大约 2×10^8 yr 前，质量 $0.75-0.5M_{\odot}$ 的恒星形成；(2) 在大约 7.5×10^7 yr 前，质量大于 $2M_{\odot}$ 和小于 $0.42M_{\odot}$ 的恒星形成；(3) 质量 $2-0.75M_{\odot}$ 的恒星在 7.5×10^7 yr 至 2×10^8 yr 前这段时间内形成。如果考虑到观测选择效应，那么小于 $0.42M_{\odot}$ 的恒星可以在更早时候形成，并不排除它们可以老到 2×10^8 yr。

B. F. Jones^[30] 认为，没有任何强有力的证据可以证明在昴星团内没有年轻到 7.5×10^7 yr 的 $0.75-0.5M_{\odot}$ 的恒星。昴星团的距离模数是通过与毕星团的赫罗图拟合得到的。在赫罗图上，一些耀星位于主序下方，它们可影响所定出的距离模数的正确性。Stauffer^[37] 对 Zappala 的红外测光数据重作分析，认为昴星团中那些落在主序下面的星周围不大可能存在尘埃壳层，而主要是因为受到色球活动的污染。B. F. Jones^[30] 指出，色球活动会使恒星向蓝端移动而看上去位于主序下面，而正在收缩中的恒星因其光度较大而使它位于零龄主序上方，这两种影响相互对抗，影响着昴星团中小质量星在赫罗图上观测到的位置。只有在更大波长范围内观测才能最终确定这些星是否真的落在零龄主序下面。因此，目前对于它们的年龄尚不能得出任何可靠的结论。

B. F. Jones 的这一观点与上面提到的 Gotz 和 Lada 的观点明显不同，但是对于昴星团中暗成员星来说可能更为适合。B. F. Jones^[30] 还把昴星团中的耀星分成高度活动和低度活动两类。前者观测到 6 次或更多次耀发，或者最大耀发 ΔU 大于 3mag；后者只观测到一、二次耀发，并且最大耀发 ΔU 小于 1.5mag。B. F. Jones 对这两类星的划分与 A. L. Mirzoyan 和 Mnatsakanian 划分的两群是相似的，但是 B. F. Jones 仅对成员星来作，没有提到这两类星在自行上有多大差别。B. F. Jones^[30] 画出了这两类星的 V 与 B-V 关系图，结果发现高度活动星落在低度活动星上面约 0.5mag，并且高度活动星比低度活动星更红。B. F. Jones^[30] 没有肯定这种差别一定与年龄有关。他指出造成这种差别的另一个原因可能是双星，这与 A. L. Mirzoyan 和 Mnatsakanian 的看法是一致的，但 B. F. Jones 的高度活动星只占少数。

在 80 年代中期之后，关于昴星团成员星年龄差别的问题，有了戏剧性的变化。Stauffer^[38] 1984 年把 vanden Berg 的现代主序前演化轨迹与最新的昴星团小质量星观测结果比较，得出的年龄估值仅略大于 10^8 yr，比大质量星的年龄 7×10^7 yr 仅老了几个 10^7 yr。更迟一些，Mazzei 和 Pigatto^[39] 1989 年根据对流超射理论并和自转相结合确定昴星团上部主序年龄为 1.5×10^8 yr，与小质量星的年龄无多大差别。Prosser 等人^[40] 把昴星团 67 颗暗成员星中的耀星与非耀星作比较，发现当光谱型给定时，它们的 H α 发射强度没有什么实质性的差别，而且，在 V 与 V-I 关系图上，这两类星的分布也没有可以辨清的差别；因此，耀星和非耀星之间即使存在年龄差别，也必定很小。但是，Prosser 等人^[40] 认为，由于样本较小，新得出的测光和分光结果尚不能为严格限制昴星团小质量成员星可能存在的年龄弥散提供有效的数据基础，因此，有必要确认更多的暗成员星并对它们作准确的测光工作。

在经过 30 年的争论以及理论和观测两方面的努力之后，对于昴星团内恒星形成的历史问题，似乎已经可以看到解决的曙光。这个问题的最后解决，有待于更进一步的观测。Prosser 等人^[40] 指出，根据理论估计，在一个束缚星团中恒星年龄的弥散一般是很小的，因为原始星团的动力学时标小于 10^7 yr。如果最终能够判明昴星团中的恒星没有

大的年龄差别, 那么将给上述理论有力的支持。

5 结束语

本文并不打算全面地评述耀星研究工作。如上所述, 关于疏散星团中的耀星及其演化意义问题, 我们可以归纳以下几点:

(1) 耀星是红矮星早期演化的一个必经阶段, 因此, 在年轻和比较年轻的疏散星团(包括星协)中, 都含有大量耀星。

(2) 耀星阶段的持续时间, 取决于恒星质量, 因此, 在一个疏散星团(或星协)中耀星的光度分布, 成了这个疏散星团(或星协)年龄的标志。

(3) 在昴星团中已发现大量耀星, 这使得我们有可能对它们的自行、测光及分光资料进行深入的统计研究, 与有关星团及矮星的起源和演化理论的改进相结合, 对一些有意义的问题作进一步探讨并最终予以解决, 无疑有着极其重要的价值。

参 考 文 献

- [1] Haro G. *Ap. J.*, 1953, 117: 73
- [2] Johnson H I, Mitchell R I. *Ap. J.*, 1958, 128: 31
- [3] Haro G, Chavira E. *Vistas in Astronomy*, 1966, 8: 89
- [4] Haro G. In: Herbig G H ed., *Non-stable stars*, Proc. of IAU symposium No. 3, Dublin, 1955, Cambridge: Cambridge University Press, 1957: 26
- [5] Mirzoyan L V, Hambarian V V, Garibjanian A T et al. *Astrofizika*, 1988, 29: 44
- [6] Mirzoyan L V. *Vistas in Astronomy*, 1984, 27: 77
- [7] Ambartsumian V A. In: Sobolev V V ed., *Stars, nebulae, galaxies*, Byurakan Symposium, Byurakan, 1969, Yerevan: Acad. Sci. Armenian SSR, 1969: 283
- [8] Aniol R, Duerbeck H W, Seitter W C et al. In: Mirzoyan L V et al eds. *Flare stars in star clusters, associations and solar vicinity*, Proc. of IAU symposium No. 137, Byurakan, 1989, Dordrecht: Kluwer, 1990: 85
- [9] Haro G, Chavira E, Gonzalez G. *Bol. Inst. Tonantzintla*, 1982, 3(1): 3
- [10] Natsvlishvili R Sh. *Astrofizika*, 1991, 34: 107
- [11] Jones K L, Page A A. *Proc. Astron. Soc. Aust.*, 1991, 9 (2): 277
- [12] Chavira E, Gonzalez G, Escamilla C et al. *Inf. Bull. Variable Stars*, 1992, 3764
- [13] Gonzalez G, Escamilla C, Parsamian E S. *Inf. Bull. Variable Stars*, 1992, 3794
- [14] Mirzoyan L V, Ohanian G B. In: Mirzoyan L V ed. *Flare stars and related objects*. Yerevan: Acad. Sci. Armenian SSR, 1986, 68
- [15] Mirzoyan L V, Ohanian G B. *Astrofizika*, 1977, 13: 561
- [16] Parsamian E S. *Astrofizika*, 1976, 12: 235
- [17] Pigatto L. In: Mirzoyan L V et al eds. *Flare stars in star clusters, associations and solar vicinity*. Proc. of IAU symposium No. 137, Byurakan, 1989, Dordrecht: Kluwer. 1990: 117
- [18] Mirzoyan L V, Brutian G A. *Astrofizika*, 1980, 16: 97
- [19] Mirzoyan L V, Hambarian V V. *Astrofizika*, 1988, 28: 375
- [20] Kunkel W. In: Sherwood V, Plaut L eds. *Variable stars and stellar evolution*, Proc. of IAU symposium No. 67, Moskow, 1974, Dordrecht: Reidel, 1975: 15

- [21] Andrews A D. *Bol. Observ. Tonantzintla*, 1970. 5(34): 195
- [22] Chavushian H S, Garibjanian A T. *Astrofizika*, 1975. 11: 565
- [23] Mirzoyan A L. In: Byrne P B, Mullan D J eds. *Armagh Observatory bicentenary colloquium on surface inhomogeneities on late-type stars*. Armagh. 1990, Berlin: Springer. 1992: 307
- [24] Jankovics I. *Flare activity of red dwarfs in the Praesepe cluster region*. Yerevan: Yerevan University. 1975
- [25] Tsvetkov M K. *A Study of non-stable stars in the region of the NGC 7000 and IC 5068-70 nebulae in Cygnus*. Yerevan: Yerevan University. 1976
- [26] Starikova G A. In: Mirzoyan L V ed. *Flare stars, Fuors and Herbig-Haro objects*. Yerevan: Acad. Sci. Armenian SSR, 1980. 61
- [27] Mirzoyan L V. *Astrofizika*, 1982. 18: 463
- [28] Gotz W. In: Mirzoyan L V *et al* eds. *Flare stars in star clusters, associations and solar vicinity*. Proc. of IAU symposium No. 137, Byurakan, 1989, Dordrecht: Kluwer, 1990: 215
- [29] Chavushian H S. *A study of flare stars in the Pleiades aggregate region*. Byurakan: Byurakan Astrophys. Obs., 1979
- [30] Jones B F. *A. J.*, 1981, 86: 290
- [31] Mirzoyan A L. *Astrofizika*, 1983, 19: 588
- [32] Mirzoyan L V, Hambarian B B, Garibjanian A T *et al*. *Astrofizika*, 1989, 31: 259
- [33] Mirzoyan A L, Mnatsakanian, M A. In: Mirzoyan L V *et al* eds. *Flare stars in star clusters, associations and solar vicinity*, Proc. of IAU symposium No. 137, Byurakan, 1989, Dordrecht: Kluwer, 1990: 77
- [34] Stauffer J, Klemola A, Prosser C *et al*. *A. J.*, 1991, 101: 980
- [35] Hambly N C, Hawkins M R S, Jameson R F. *Astron. Astrophys. Suppl.*, 1993. 100: 607
- [36] Herbig G. *Ap. J.*, 1962, 135: 736
- [37] Stauffer J. *A. J.*, 1980, 85: 1341
- [38] Stauffer J. *Ap. J.*, 1984. 280: 189
- [39] Mazzei P, Pigatto L. *Astron. Astrophys.*, 1989, 213: L1
- [40] Prosser C F, Stauffer J, Kraft R P. *A. J.*, 1991. 101: 1361

(责任编辑 舒似竹)

Flare Stars in Open Clusters and Their Evolutionary Significance

Wang Jiaji

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

Abstract

The stage of flare stars, which duration depends on the mass of the stars, is a natural stage of the early evolution for red dwarf stars. Any young or relatively young open cluster (or association) contains a great number of flare stars and their luminosity distribution is an index of age of the cluster (or association). In particular, a great number of flare stars have been found in the Pleiades and the further comprehensive statistics on the proper motions and the photometric and spectroscopic data for these stars are very important to solve the problem about the origin and evolution of the open clusters and dwarfs.

Key words star: flare—open cluster and association: general—open cluster and association: Pleiades