

星系团及团内成员星系的研究进展(I)*

潘 容 士 赵 君 亮

(中国科学院上海天文台)

刘 汝 良

(中国科学院紫金山天文台)

提 要

本文介绍了星系团的一般性质及团中成员星系的近期研究进展。内容包括星系团表, 星系团的成员确定、光度函数、质量和动力学问题, 以及cD星系的形成和演化、团中成员星系的环境效应等, 并进而说明星系团研究的重要科学意义。

星系团是天文学研究中一个十分重要的层次。对于它的研究不仅能揭示星系团整体及单个成员星系的天体物理性质, 而且对星系和宇宙学的研究也有着重大的影响。因此, 多年来它一直是天文学及天体物理学研究的重要课题之一。近年来有关星系团及团内成员星系的研究取得了许多重大进展。本文仅就星系团的一般性质和成员星系的研究作一简要的介绍。

一、星系团的一般性质

1. 星系团表

由于在各种差别相当大的角径范围内都有星系成团的现象发生, 而且成员星系数目相差很大, 因此不可能给出一个唯一明确的星系团的定义。星系团表的编制实际上就是对星系团下定义, 而不同编制者在选择星系团的定义时都遵循的最基本原则是: 星系团是一个星系数密度比较高的区域, 即 $\langle \sigma / \sigma_{bg} \rangle \geq N$, 其中 σ 为团区域的面密度, σ_{bg} 为平均背景面密度, N 为大于1的数。除了这个基本原则外, 星系团表的编制一般还应考虑以下几个原则: (1) 规定一个线度或角度范围, 在这个范围内来讨论密度的增高。这是为了排除小的星系群。例如, 一对密近星系与周围的背景相比密度就很高, 但这不构成星系团; (2) 由于星系数目随亮度的减暗而增加, 还必须规定一个星等范围; (3) 由于星系随距离而减暗, 因而还规定一个红移或距离的范围。目前被应用得最广泛的星系团表是Abell和Zwicky表。

Abell按照上述原则编制了Abell富星系团表。他从北天的Palomar天图中选出了符合以下标准的星系团: (1) 在星等范围 $m_3 - m_3 + 2$ 之间至少应包括50个星系。这里 m_i 是星系团中第 i 个最亮星系的星等; (2) 这些星系应位于半径 $R_A = 1.7' / Z$ (相当于 $3h_{50}^{-1} \text{Mpc}$)

* 国家自然科学基金部分资助项目,
1991年1月10日收到,

的圆形区域之内；(3) 星系的红移范围为 $0.02 \leq Z < 0.20$ ；(4) 星系的赤纬 $\delta \geq -27^\circ$ 。此表中共包括 2712 个团。Zwicky 同样从 Palomar 天图中按以下标准选编了星系团表：(1) 团的边界由星系表面密度下降到背景密度二倍处的等密度线所决定；(2) 团应在 $m_1 - m_1 + 3$ 星等范围内包含至少 50 个星系。

Abell 星系团的星等范围和空间范围与距离无关，它的客观性和统计意义明显地优于 Zwicky 星系团表，因此在星系团的统计研究中 Abell 表应用得比较多。例如 Hoessel 等^[1]测量了所有近距 Abell 团 ($Z \leq 0.1$) 的红移，给出了一个包括 104 个团的完备红移样本。它被广泛地应用于空间大尺度结构的研究。因同样的理由，Abell 团的富度划分与距离无关，而且每个团所包含的星系数平均要比 Zwicky 表多，因此研究单个富团的典型性质时也往往采用 Abell 表中的星系团。

由于星系团表是星系团研究的基础，近年来为各种不同目的而编制的新表不断出现，例如，Shectman^[2]从 Shane & Wirtanen 的 Lick 星系表中用自动搜索程序选出了 646 个星系团，其中的 40% 属于 Abell 团。Abell 星系团表的南天扩充 (ACO 星表)^[3]已在最近完成，并被应用于宇宙大尺度结构的研究。Gunn 等人开展了对遥远星系团的系统性探测，并发表了第一个远距星系团表^[4]。该表包含了 418 个 $0.15 \leq Z \leq 0.92$ 的团，样本完备到 $Z = 0.50$ 。遥远星系团的探索对星系团和星系的形成和演化、初始密度扰动的起源等重大问题具有重要意义。但由于宇宙学效应及演化等因素的影响，它们的搜寻是比较困难的^[5]。此外，还发表了大量比较小的星系团表。这方面的工作主要集中在南天和大红移的星系团。

下一步的工作应当是利用计算机证认程序从数字图像处理的数据中来证认团，以克服人为的因素。这一类星系团表已在准备之中^[6]。一个完备的、由 X 射线数据给出的富团样本也可能在几年之后出现。

2. 星系团成员的确定

在星系团的研究中成员星系和场星系的合理区分有着重要的地位。它与星系团的定义显然有关，但又是两个不同的问题。星系团的定义主要从团的整体性质着眼，把有团存在的天区挑选出来，而并不给出各别星系是否属于团的成员的判别准则。实际上前场及背景星系的混淆也许是星系团研究工作中最令人头痛的问题。由于观测资料的限制，这一问题尚未得到很好的解决。

目前用于星系团成员确定的观测判据有：(1) 星系的视位置；(2) 星系的视星等；(3) 星系的颜色—星等图；(4) 星系的视向速度。

早期的成员判定工作中一般采用上述判据中的 (1)、(2)，这种方法对场星系的剔除不十分有效。Peach^[7]曾利用判据 (3) 来区别团星系和场星系。但研究表明这种做法对旋臂星系不很有效，而且会把一些相对偏蓝的团星系误认为场星系。

随着星系红移观测资料的增加，人们开始利用星系视向速度观测值作为判据来确定星系团成员，有时还综合顾及星系的视位置^[8-10]。不同作者对这一判据的应用方式不尽相同，虽然有的也采用了某种统计方法，但人为因素较大。赵君亮等^[11]曾提出一种以视向速度为判据，按最大似然原理确定星系团成员的方法。该方法的数学模型是认为团星系视向速度服从一维正态分布，场星系视向速度服从 $k (\geq 1)$ 个一维正态分布，这一方法已成功地用于

Coma 和 Virgo 团的视向速度成员研究, 取得了较好的结果^[11-12]。

近年来星系团区域中星系视向速度的测量资料越来越多, 如 Dressler and Schectman^[13] 在 15 个富团中测得了 1286 个星系的视向速度值。Ostriker 等^[14] 给出了在团 A539 中心 10° 区域内 289 个星系的红移等等。因此, 视向速度作为观测判据将会在星系团成员研究中得到更为广泛的应用。

3. 光度函数

关于团中星系光度函数的研究, 早期主要集中于光度函数的普适性问题, 目的是利用这种普适性来得到适用于宇宙大尺度距离上的标距参数。近期注意到星系团及团中星系的形成和演化可能会引起光度函数的演化, 重点集中在研究一阶普适光度函数形式下的二阶差别。

团的普适光度函数有三种形式, 分别由 Zwicky^[15], Abell^[16] 和 Schechter^[17] 提出。Schechter 的形式由于它的连续性、解析性, 以及它确实是一个真正的统计分布函数而被大部分研究者所采用。Schechter 微分光度函数的形式为

$$n(L)dL = N^*(L/L^*)^{-\alpha} \exp(-L/L^*) d(L/L^*)$$

N^* 为团中星系数的某种典型值, α 及 L^* 为拟合参数, L^* 是某种特征光度。表 1 列出了一些采用此形式拟合得到的 α 和 M^* , M^* 是与 L^* 相应的绝对星等。其中 M^* 全部采用 $H_0 = 100 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$, 并归算到 B_J 星等。[-1.25] 是指固定 $\alpha = -1.25$ 后再拟合得出 M^* 。由表列数据可见, 无论团星系还是场星系, 光度函数都具有非常相似的形式及几乎相同的参数值。同时, 以上的研究还表明大约有 15% 的团的拟合参数值与上述值有明显的偏离。这些结果表明, 就主要部分来说, 决定星系光度的过程对密度、温度等局部条件是不敏感的, 或者说这些条件对在星系团形成之前将形成团的区域和将形成场的区域之间差别是不大的。

表 1 团星系和场星系的 M^* 及 α 值

作 者	波 段	样 本	M^*	α
Schechter (1976) ^[17]	J	13 个团的组合	-19.9 ± 0.5	-1.24
	B(0)	场 星 系	-19.8	-1.24
Dressler (1978) ^[18]	F	12 个团平均	-19.7 ± 0.5	[-1.25]
Lugger (1986) ^[19]	F	9 个团平均	-19.8 ± 0.5	[-1.25]
Kirschner et al (1983) ^[20]	J	场 星 系	-19.8	[-1.25]
Coolless (1989) ^[21]	J	14 个团平均	-20.1 ± 0.4	[-1.25]

与普适性密切相关的两个问题是: (1) cD 星系的光度 $L \sim 10L^*$, 很明显不能由上述光度函数形式来统一拟合。也许这恰好说明这类星系是经过特殊过程形成的。(2) 各个团中最亮星系(first rank galaxy)的光度差别很小, 与团的形态分类几乎无关。这究竟由光度函数统计上决定的? 还是受到特殊物理过程影响而造成的? 还是一个长期以来有所争论的问题。目前的证据可能对后一种解释更有利一些。

近期的注意力主要集中在研究光度函数随团的不同性质的变化方面。1983—1985年间的许多数值模拟工作表明, 一些团的动力学过程会影响团的光度函数的形式^[22-26]。例如, 在 cD 星系的吞并图像中, 由于在形成 cD 星系的过程中吞并了一些大质量的星系, Boutz-

Morgan 分类中无中心 cD 星系的 III 型星系团的光度函数就应该比有中心 cD 星系的 I、I-II 型团的光度函数有更多的亮星系。又如由于两体相互作用的潮汐效应, 会使星系的晕剥落。这一效应对亮星系更有效, 从而引起光度函数中亮星系减少。一些数值模拟工作还表明, 这可能造成光度函数的暗端更平坦, M^* 更暗。一些作者^[27,211]研究了光度函数随团的富度、 $B-M$ 类型、速度弥散度以及内、外区域不同的变化。他们发现光度函数的变化要么低于显著性水平, 要么正好处于有变化与不变化的分界线上。因此, 对尽可能大样本团的光度函数进行比较仍是一件十分有意义的工作。

4. 团的质量——短缺质量问题

团的总质量可由 Virial 定理, 或由团内星系的观测空间分布及速度分布与理论模型比较, 以及由团际引潮力作用来求得^[10,28,29]。这三种方法所得的结果是比较相符的。团的质量一般都在 $10^{15} M_{\odot}$ 量级。例如, Coma 团在 3° 范围内的总质量约为 $3 \times 10^{15} M_{\odot}$ ^(10,12,29)。另一方面, 团的总光度一般为 $\sim 10^{13} L_{\odot}$, 则团的质光比 $M/L \sim 200 h_{50} \cdot M_{\odot}/L_{\odot}^*$ 。但是, 星系发光部分的质光比一般在 $1-30 h_{50} \cdot M_{\odot}/L_{\odot}$ 。因此, 星系发光部分的质量(光度质量)仅占团总质量的 10%。X 射线观测表明团中热气体的质量也仅占总质量的 10% 左右, 这就出现了短缺质量的问题。

(1) 短缺质量的存在形式 目前提出的各种可能性大致可分为三类: (i) 恒星级暗物质, 如质量小于 $0.1 M_{\odot}$ 的恒星, 行星尺度天体或彗星; (ii) 不可见的大质量星遗迹, 如黑洞、中子星、白矮星; (iii) 稳定的弱相互作用基本粒子, 如有质量中微子、磁单极子等等。

目前可以排除的可能性有: 它们不是低光度、大质光比的星系, 不是任何温度的弥漫气体, 不是在星际介质中发现的尘埃颗粒; 也不是发光的恒星。

(2) 短缺质量的分布 许多研究者, 如 Rood 等^[31]认为总质量的分布与星系的分布相类似。证据是致密规则团的星系分布一般可由等温球模型来表示, 而且核的质光比与团的总质光比值在误差范围内是一致的。一般认为短缺质量并不束缚在团星系中, 这是由于星系的两体弛豫作用正比于星系质量。如果短缺质量束缚于单个星系中并与它们的亮度成正比, 则质量分层(segregation)效应将非常显著, 而观测并未发现这一现象。此外, 如果束缚在星系晕中的隐匿物质与可见物质有相同的速度弥散度, 则晕将扩展到距星系中心约 0.5 Mpc 处, 这个值已大于团中星系之间的距离。因此, 短缺质量可能以连续占据整个团空间的形式存在, 但它们的分布与团中星系的分布是相类似的。

短缺质量一直是天体物理学研究中最重要未解决问题之一。

5. 星系团的动力学

(1) 分层效应 团的分层效应可以有效地反映团的两体弛豫过程的情况以及团内星系演化过程的情况。因此成为近年来星系团动力学研究中较受注意的一个问题。分层效应通常表现为空间分层和速度分层两类, 其中每一类都可以用团中星系的不同特征(如形态、质量、光度等)来加以分析。

* h_{50} 是数值因子, 当取 $H_0 = 50 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$ 时, $h_{50} = 1$; 如 H_0 取其他任何值: $\lambda \cdot 50 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$, 则 $h_{50} = \lambda$ 。

(i) 形态分层 关于形态分层的工作很多,如 Kent 和 Gunn^[10]及赵君亮等^[12]都证实了 Coma 团存在速度形态分层。但就目前观测样本来看这一效应并不显著。Binggeli, Tamman Sandage^[32], Huchra, Davis 和 Latham^[33]以及赵君亮等^[30]都证实了 Virgo 团星系的哈勃类型有着较明显的空间分层和速度分层。早型星系(E, S0, dE, dE0)和晚型星系(S, SB, Irr)相比,在空间分布上较为向团中心集聚,并且有较小的速度弥散度。这一结果说明晚型星系仍处于内落阶段,或者是在较近时期内才落入团内。最近, Salvador-Sole 等人^[34]的工作表明,富星系团内星系哈勃类型的空间分层与团的集聚度有关,并认为这可能是由团内星系经历了由环境诱发的形态演化而引起的。

(ii) 光度分层和质量分层 有关星系团质量分层的讨论通常仅见于分析团内不同星系的光度分层。Oemler^[35]对 15 个星系团的工作表明,对于不规则团在所研究的范围内不出现光度分层。Coma 团的光度分层讨论得很多,但结论有时相反。如 Quintana^[36]和 Sarazin^[37]用了完全相同的观测资料,但采用不同的方法得出了相反的结论。赵君亮等的工作^[12]表明,Coma 团存在光度分层效应,但不显著。对于 Virgo 团则不存在这种效应^[30]。实际上,由于不同哈勃类型星系有不同的质光比,星系的星等(光度)大小并不是决定星系质量的唯一因素。为此,赵君亮等^[12,30]最近尝试利用团星系的观测视星等和星系团的距离,以及不同哈勃类型星系的质光比,估算各别星系的质量,在此基础上直接讨论 Coma 和 Virgo 团的质量分层效应。结果发现对于 Coma 团,速度质量分层效应比光度分层更显著些。对于 Virgo 团,尽管不表现出任何光度分层效应,但却发现有一定程度的空间及速度的质量分层效应。这一结果也许提示我们在有关星系团的动力学研究中,应更直接地讨论质量分层效应,而不是仅限于光度分层。

(2) 次团结构 近年来,关于星系团中次团结构的研究是十分活跃的。早期仅利用面分布资料,最近视向速度资料的大量增加,两者被同时利用。

Geller 和 Beers^[91]在 65 个富团中发现 40% 的团有次团结构。以后,大量的研究也一再发现了次团结构的存在^[38-49],甚至在非常富和弛豫的团(如 Coma 团)中也发现有次团结构。但是, West 等人^[50]的研究对上述某些结果提出了怀疑。他们用不同的统计方法分析了前人的结果,在有些团的内部区域没有发现明显的次团结构证据。他们强调仅仅用投影面密度分布数据是不够的。Dressler 和 Shectman^[13]用分析视向速度分布对高斯分布偏离的方法,对 15 个团的研究表明 30%—40% 的团有次团结构。West 和 Rothuns^[51]用各种统计方法分析了有面密度分布或视向速度数据的 70 个团,发现约 40% 的团有次团结构,但次团结构大多位于离团中心 $1h_{70}^{-1} \cdot \text{Mpc}$ 之外。总之,由于对次团结构缺乏、而且也很难下一个明确的定义,不同作者对同一团的研究结果有时很不相同。

近期 Gunn^[4]和他的合作者开始系统地研究搜索高红移的团。目前已在 $Z \sim 0.9$ 处发现了类 Coma 团,这表明这类结构的快速坍缩和 Virial 化。在 Virial 化后,团的演化被限制在核区之外的周围区域,这可能是次团结构大都在外围发现的原因。次团结构的进一步说明有待于理论及观测工作的深化。

二、星系团成员星系的性质

1. cD 星系

近年来, 发现了许多对 cD 星系吞并模型有利的证据: 团的富度和团内最亮成员星系 (BCM) 性质的相关性, 如光度相关性^[52]及位置相关性^[53]; 如采用 White^[54]的标准团演化模型, 在 BCM 性质和由 X 射线光度、R-S 分类等指标表明的动力学状态之间有明显的联系^[55], cD 团核区中有质量分层及对普适光度函数修正的证据^[56]; 根据运动学研究^[57]及对扭曲结构的研究^[58, 59], BCM 的内部性质与吞并图像是一致的。此外, Bothun 和 Schombert^[60]测量了 4 个富 Abell 团中距中心 300Kpc 之内的星系速度, 目的是要发现与 cD 团正在合并的被束缚星系系统。结果发现在一个团 (A2589) 中明显有束缚系统存在, 在 300Kpc 范围内有 11 个束缚星系, 相对于 cD 星系的平均运动速度为每秒 150 公里 ($\sigma = \pm 100 \text{ Km} \cdot \text{s}^{-1}$)。由动力学摩擦计算表明, 它们在 $3-4 \times 10^9 \text{ yr}$ 中将被 cD 星系吞并。由此可见这个团中动力学演化仍在进行之中。由于大部分团未作过这样的研究, cD 星系周围束缚系统的发生频率仍是一个未解决的问题。Harris^[61]及 Pitchet 和 William^[62]研究了 cD 星系中的球状星团系统, 发现 cD 星系周围球状星团的相对数目与正常椭圆星系是一样的, 这与 cD 星系的合并形成模型相一致。

2. 团中不同类型星系的演化

在规则团内部, 椭圆星系 (E) 和透镜星系 (S0) 要比旋涡星系 (Sp) 多得多, 而在不规则团和场中则情况刚好相反。为了说明这一现象已提出了大量模型。这些模型一般可分为两大类: 一类是将此现象归结为团形成时初始条件的影响, 一类归结为环境的影响。有人曾用生物学中的遗传和变异来形象地比喻这两类模型。其中尤其是环境对团中成员星系的影响更是近年来一直受人密切注意的研究课题。

(1) 环境影响理论 这种理论主要企图说明 Sp 由于在团的环境中气体被剥夺而形成 S0。Gunn 和 Gott^[63]提出由于 Sp 在团中星系际气体内运动时因冲撞 (ram) 压力剥夺了它的星际气体而形成 S0。目前大部分研究者认为这是剥夺团中 Sp 内气体的重要机制, 有许多观测结果倾向于支持这一理论。如 X 射线观测表明许多团中星系际气体密度比较高, 这将使得冲撞压力剥夺气体的机制十分有效。在团的 X 射线光度和团中 Sp 星系占星系总数的百分比之间存在着很强的负相关。Sp 星系的比例随团中成员星系的速度弥散度的增加而减小。X 射线团中 Sp 星系离团中心的平均投影距离比 E 及 S0 大。富团中 Sp 的气体贫乏现象也已由大量 21 厘米观测所充分肯定^[64, 65]。van den Bergh^[66]指出, 在 3σ 水平上, Virgo 团中的 Sp 星系是尘埃贫乏的。这已得到红外天文卫星 (IRAS) 观测结果的支持^[67]。Kenney 和 Young^[68]指出了 Virgo 团中 Sp 内一氧化碳的贫乏现象。团中 Sp 星系的旋臂往往在形状上比正常 Sp 更不规则。van der Bergh^[69]把它们取名为“贫气的 (anemic)”旋臂。

此外, Gavazzi 和 Jaffe^[74]近来通过观测发现, 在富团中的 Sp 星系一般成为连续谱射电源。与其他的 Sp 星系相比, 它们在射电辐射强度与光学亮度的相关性上要强十倍。更使人惊奇的是, 在富团中贫 HI 的 Sp 星系比富 HI 的 Sp 星系有更强的连续辐射和恒星形成过

程, 这与通常的认识是相反的。后来的观测更肯定了这种情形。如 Kenney 和 Young^[68]指出 Virgo 团中的 Sp 星系外部的 HI 已被剥夺, 但中心区的 CO 辐射云仍然保留着。van den Bergh 和 Pierce^[71]通过 CCD 观测表明, Virgo 团中存在一些有贫气的外旋臂, 但其内部区域则表现出恒星形成活动的 Sp 星系。Gavazzi 和 Jaffe 建议, 这可能是由于 Sp 星系在富团的星系际气体中运动时冲撞压力的作用, 使 Sp 星系盘中的致密分子云坍缩, 因而能引起连续辐射和恒星形成过程。分子云与 HI 区不同, 由于它的致密性而不易为冲撞压力所剥夺。

Byrd 和 Valtonen^[72]最近提出另一种机制来解释这一现象。他们通过模拟计算证明, 团的潮汐场作为整体对富有气体的 Sp 星系有强烈的影响。这种 Sp 星系一旦进入到离团中心约 800Kpc 处会受到激发, 结果使气体向星系核内流去, 并出现恒星形成过程。这种活动的长期效应将会消耗掉 Sp 盘中的气体, 使之向 S0 星系演化。新提出的这种潮汐机制与冲撞压力剥夺机制究竟哪一个影响更大还有待于进一步的研究。

S0 星系的环境形成理论也有一些不利因素。如由于气体剥离过程一般并不影响恒星物质的分布, 它就很难解释 Sp 星系的薄盘如何演化成 S0 星系的厚盘。如果只有 Sp 到 S0 的演化, 则(S0 + Sp)与(Sp + S0 + E)之比对不同情况应是常数。实际上这个比值从规则团成员到场星系是连续变化的。S0 星系在低密度的场区也有发现, 那里的环境影响很小。E 星系的环境形成还没有一个自洽的机制。

对环境理论最直接的检验是观测在高红移团中可能发生的 Sp 星系向 S0 星系的演化。但由于对地面光学望远镜的观测来说, 高红移团中星系的像非常小, 难以对成员星系作形态分类。但在中等红移($Z \sim 0.4$)的团中, Butcher 和 Omeler 发现了与团星系演化可能有关的 B-O 效应, 我们将在后面对这作详细的说明。

(2) 初始条件理论 这类模型直接与各种星系形成的理论有关。决定星系形态的初始条件有角动量、密度、初始扰动的振幅等等。由于星系形成理论的评述已超出本文的范围, 对初始条件理论只能作十分简略的说明。以密度为例, 如原星系有高的初始密度, 则两体碰撞率高, 在坍缩过程中大部分气体形成恒星。这些恒星可看成无碰撞、无耗散流体, 只经历激烈弛豫而产生某种椭球分布, 即形成椭圆星系。反之, 气体不能有效冷却, 坍缩时, 大部分仍是气体, 它们将通过辐射耗散能量, 但保持净角动量, 结果坍缩成盘。前面提到过的规则团在高密度区形成, 不规则团在低密度区形成的假设与这种机制是相容的。这类理论在很大程度上依赖于星系形成理论。只有随着星系形成理论的逐步完善, 初始条件理论才能真正接受观测的检验。

(3) B-O 效应 Butcher 和 Omeler^[73-77]提出的证据表明, 在致密 Coma 型团中, 蓝星系的比例在 $(3-5) \times 10^9$ yr 中明显地减小。他们^[76]定义“蓝”星系是比在静止标架中有同样光度、在同一团中的 E 和 S0 星系的 B-V 颜色至少偏蓝 0.2 等。因此, 在高红移团中蓝星系比例大, 以及这个比例随红移而增大的情况被称为 B-O 效应。由于他们所依据的仅仅是测光数据, 不少人对这一效应的真实性表示怀疑^[78-81]。主要的批评是认为 B-O 的结果直接与团中成员星系和场星系区分的不确定性有关。首先, B-O 表明场星系样本有比团星系样本更高的蓝星系比例。因此, 接近团红移值的场星系会污染样本。其次, 前场的红星系由于 K 改正而校正到团红移距离处, 会被看成蓝的。而且这两个问题随红移的增大会越来越严重。

因此, 虽然一些高红移富团的观测结果一直支持 B-O 的结论, 为解决这一争论, 许多观测者已开始进行光谱研究。

用光谱方法研究过 B-O 效应的团有 3C295^[82-84], Cl0024 + 1654^[76], A223, A963 和 A239^[85], A370^[86] 以及另外 7 个星系团^[87,88]。研究者用团中一些星系的光谱测量得出它们的红移, 由此确定它们的成员属性, 并分析蓝星系的性质——什么原因使它们呈现蓝色? 上述研究肯定了这些团中确实存在 B-O 所宣称的较高的蓝星系比例。一个十分惊人的结果是: 虽然红星系的谱与低红移团中 E 及 S0 星系相类似, 但蓝星系组成一个在低红移团中不常见的样本。一部分蓝星系有类似于低红移团中 Sp 星系的谱, 但许多高红移团的 B-O 星系显示有强的 Balmer 吸收或高激发态辐射。

Dressler 和 Gunn^[83] 认为, 3C295 团星系的强 Balmer 吸收谱, 是由于在老的星系中发生了大规模星暴现象, 结果可能是 E 或 S0 星系加上大量 A 型恒星, 称为 E + A 星系。Necolberry 等^[83] 认为通常的冲撞压力剥夺机制或星暴活动机制都与 B-O 团中观测到的 E + A 谱相符。他们认为许多团中的 E + A 星系可能由于冲撞压力剥夺机制引起, 而场中的 E + A 星系则由星暴活动引起。B-O 效应的存在虽然得到了观测的肯定, 但还存在一些原则性问题。首先, B-O 用的高红移团的红移值只是根据团中一个或两个典型星系决定的, 因此不能肯定蓝星系是否真正在团内。其次, B-O 效应最终是根据分光观测结果得出的, 这必然要受到红移的影响 (在不同红移的星系光谱中取了不同的波段, 而不是真实谱)。最后, 在有相近红移值的团中, 蓝星系比例的弥散度也还不能确定。因此, 与其他现象的研究不同, 为了进一步研究 B-O 效应, 最需要的并不是更多的观测, 而是更精确的确定光谱。

3. 特殊星系的环境效应

(1) 射电星系与星系团的关系 这一点将另文予以讨论。

(2) 类星体与星系团 最近已有人开始系统地研究星系团与类星体之间的联系^[89,90]。发现低红移类星体 ($Z < 0.4$) 一般有位于比平均星系数密度高的环境中的倾向, 但不 在 富团之内。另一方面, 更高红移的类星体有位于富度为 1 或更高的 Abell 团环境中的倾向。因此, 详细研究有关类星体各演化阶段时期的团的情况, 将对类星体的激发和维持机制提供重要线索。

初步研究表明, 类星体活动的维持似乎与类星体的寄主星系与团核区中其他成员星系的频繁相互作用有关。这方面的研究工作虽然很难做, 但意义却是十分重大的。

参 考 文 献

- [1] Hoessel, J. G., Gunn, J. E. and Thuan, T. X., *Ap. J.*, 241 (1980), 486.
- [2] Schectman, S., *Ap. J. Suppl.*, 57 (1985), 77.
- [3] Abell, G., Gorwin, J. R. and Olowin, R., *Ap. J. Suppl.*, 70 (1989), 1.
- [4] Gunn, J. E., Hoessle, J.G. and Oke, J. B., *Ap. J.*, 306 (1986), 30.
- [5] Cappi, A., Chincarini, G., Conconi, P. and Vettolani, G., *Astron. Astrophys.*, 233 (1989), 1.
- [6] Maddox, S. J., Efstathiou, G., Loveday, J., in *IAU Symp. No. 130*, (1988).
- [7] Peach, J. V., in *Clusters and Groups of Galaxies*, ed. by Martirossian, F. et al., p. 89, (1983).
- [8] Tifft, W. G. and Gregory, S. A., *Ap. J.*, 205 (1976), 696.
- [9] Yahil, A. and Vidal, M. V., *Ap. J.*, 214 (1977), 347.
- [10] Kent, S. P. and Gunn, J. E., *A. J.*, 87 (1982), 945.

- [11] 赵君亮, 潘容士, 黄松年, 何燕萍, 天文学报, 29 (1988), 359.
- [12] 赵君亮, 潘容士, 黄松年, 何燕萍, 天体物理学报, 10 (1990), 315.
- [13] Dressler, A. and Shectman, S., *A. J.*, 95 (1988), 284.
- [14] Ostriker, E. C., Huchra, J. P., Geller, M. J. and Kurtz, M. J., *A. J.*, 96 (1988), 1775.
- [15] Zwicky, F., in *Morphological Astronomy*, Springer, Berlin, (1957).
- [16] Abell, G. O., in *Stars and Stellar Systems IX: Galaxies and Universe*, ed. by Sandage, A. et al., p. 601, (1975).
- [17] Schechter, P. L., *Ap. J.*, 203 (1976), 297.
- [18] Dressler, A., *Ap. J.*, 223 (1978), 765.
- [19] Lugger, P., *Ap. J.*, 303 (1986), 535.
- [20] Kirschner, R. P., Oemler, A., Schechter, P. L. and Shectman, S. A., *A. J.*, 88 (1983), 1285.
- [21] Colles, M., *M. N. R. A. S.*, 237 (1989), 799.
- [22] Miller, G. E., *Ap. J.*, 268 (1983), 495.
- [23] Merritt, D., *Ap. J.*, 264 (1983), 24.
- [24] Merritt, D., *Ap. J.*, 276 (1984), 26.
- [25] Merritt, D., *Ap. J.*, 289 (1985), 18.
- [26] Malumuth, E. and Richstone, D. O., *Ap. J.*, 276 (1984), 413.
- [27] Schneider, D. P., Ph. D. Thesis., Calif. Inst. Technol, Pasadena.
- [28] Kent, S. M. and Sargent, W. L., *A. J.*, 88 (1983), 697.
- [29] Hartwick, F. D. A., *Ap. J.*, 208 (1976), L13.
- [30] 赵君亮, 黄松年, 潘容士, 何燕萍, 天体物理学报, 11 (1991), (in press).
- [31] Rood, H. J., Page, T. L., Kintner, E. C. and King, I. R., *Ap. J.*, 175 (1972), 627.
- [32] Binggeli, B., Tammann, G. A. and Sandage, A., *A. J.*, 94 (1987), 251.
- [33] Huchra, J. P., Davis, R. J. and Latham, D. W., in *Clusters and Groups of Galaxies*, ed. by Martirosian, F., et al., p. 79, (1983).
- [34] Salvador-Sole, E., Sarrama, M. and Jordana, J. J. R., *Ap. J.*, 337 (1989), 636.
- [35] Oemler, A., *Ap. J.*, 194 (1974), 1.
- [36] Quintana, H., *A. J.*, 84 (1979), 15.
- [37] Sarazin, C. I., *Ap. J.*, 236 (1980), 75.
- [38] Baier, F. W., *Astron. Nachr.*, 304 (1983), 211.
- [39] Baier, F. W., *Astron. Nachr.*, 305 (1984a), 111.
- [40] Baier, F. W., *Astron. Nachr.*, 305 (1984b), 175.
- [41] Baier, F. W. and Oleak, H., *Astron. Nachr.*, 304 (1983), 277.
- [42] Beers, T. C., Geller, M. J. and Huchra, J. P., *Ap. J.*, 257 (1982), 33.
- [43] Beers, T. C., Huchra, J. P. and Geller, M. J., *Ap. J.*, 264 (1983), 336.
- [44] Geller, M. J., *Comments Ap.*, 10 (1984), 47.
- [45] Dickens, R. J., Currie, M. J. and Lucey, J. R., *M. N. R. A. S.*, 220 (1986), 679.
- [46] Mazure, A., Gerbal, D., Proust, D. and Capelato, M. V., *A. Ap.*, 157 (1986), 179.
- [47] Fichett, M. and Webster, R. L., *Ap. J.*, 317 (1987), 653.
- [48] Fichett, M. and Merritt, D., *Ap. J.*, 335 (1988), 18.
- [49] Mellier, N., Mathez, G., Mazure, A., Charinean, B. and Proust, D., *A. Ap.*, 199 (1988), 67.
- [50] West, M. J., Oemler, A. and Dekel, A., *Ap. J.*, 327 (1988), 1.
- [51] West, M. J. and Rothuns, G. D., *Ap. J.*, 350 (1990), 36.
- [52] Sandage, A. and Hardy, E., *Ap. J.*, 183 (1973), 743.
- [53] Beers, T. C. and Geller, M. J., *Ap. J.*, 274 (1983), 491.
- [54] White S. D. M., *Saas-Fee Lectures*, ed. by Martinet, L. et al., p. 291, (1982).
- [55] Schombert, J. M., *Ap. J.*, 328 (1988), 475.
- [56] Quintana, H., de Souza, R. E. and Hausman, M. A., preprint (1987).
- [57] Malumuth, E. M. and Kirshner, R. P., *Ap. J.*, 291 (1985), 8.
- [58] Lauer, T. R., *Ap. J.*, 325 (1988), 49.
- [59] Schombert, J. M., *Ap. J. Suppl.*, 64 (1987), 643.
- [60] Bothun, G. D. and Schombert, M. J., *Ap. J.*, 335 (1988), 617.
- [61] Harris, W. E., in *IAU Symp. No. 126*, p. 237, (1988).
- [62] Pichet, C. J. and William, E. H., *Ap. J.*, 355 (1990), 410.
- [63] Gunn, J. E. and Gott, J. R., *Ap. J.*, 176 (1972), 1.

- [64] Giovanelli, R. and Haynes, M. P., *Ap. J.*, 292 (1985), 404.
 [65] Haynes, M. P. and Giovanelli, R., *Ap. J.*, 306 (1986), 466.
 [66] Van den Bergh, S., *A. J.*, 89 (1984), 608.
 [67] Doyon, R. and Joseph, R. D., *M. N. R. A. S.*, 239 (1989), 347.
 [68] Kenney, J. P. P. and Young, J. S., *Ap. J.*, 344 (1989), 171.
 [69] Van den Bergh, S., *Ap. J.*, 206 (1976), 883.
 [70] Gavazzi, G. and Jaffe, W., *Ap. J.*, 310 (1987), 53.
 [71] Van den Bergh, S. and Pierce, M. J., *Ap. J.*, 359 (1990) 4.
 [72] Byrd, G. and Valtonen, M., *Ap. J.*, 350 (1990), 89.
 [73] Butcher, H. and Omeler, J., *Ap. J.*, 219 (1978a), 18.
 [74] Butcher, H. and Omeler, J., *Ap. J.*, 226 (1978b), 559.
 [75] Butcher, H. and Omeler, J., *Ap. J.*, 285 (1984a), 426.
 [76] Butcher, H. and Omeler, J., *Nature*, 310 (1984b), 31.
 [77] Butcher, H. and Omeler, J., *Ap. J. Suppl.*, 57 (1986), 665.
 [78] Degioia-Eastwood, K. and Grasdalen, G. C., *Ap. J.*, 239 (1980), 9.
 [79] Koo, D. C., *Ap. J.*, 251 (1981), L75.
 [80] Mathiew, R. and Spinard, H., *Ap. J.*, 251 (1981), 485.
 [81] Van den Bergh, S., *Ap. J.*, 265 (1985), 606.
 [82] Dressler, A. and Gunn, J. E., *Ap. J.*, 263 (1982), 533.
 [83] Dressler, A. and Gunn, J. E., *Ap. J.*, 270 (1983), 7.
 [84] Dressler, A., Gunn, J. E. and Schneider, D. P., *Ap. J.*, 294 (1985), 70.
 [85] Lavery, R. J. and Henry, J. P., *Ap. J.*, 304 (1986), 25.
 [86] Henry, J. P. and Lavery, R. J., *Ap. J.*, 323 (1987), 473.
 [87] Nwberry, M. V., Kirschner, R. P. and Boroson, T. A., *Ap. J.*, 335 (1988), 629.
 [88] Nwberry, M. V., Boroson, T. A. and Kirschner, R. P., *Ap. J.*, 350 (1990), 585.
 [89] Yee, H. K. C. and Green, R. F., *Ap. J.*, 319 (1987), 28.
 [90] Ellingson, E., Yee, H. K. C., Green, R. F. and Kinman, T. P., *A. J.*, 97 (1989), 1539.
 [91] Geller, M. J. and Beers, T. C., *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 94 (1982), 421.

(责任编辑 林一梅)

Recent Progress of Studies on Clusters of Galaxies and Member Galaxies in Clusters

Pan Rongshi and Zhao Junliang
(Shanghai Observatory, Academia Sinica)

Liu Ruliang
(Purple Mountain Observatory, Academia Sinica)

Abstract

Recent progress of studies on general characteristics of clusters of galaxies and on member galaxies in clusters are described, including catalogues, membership determination, luminosity function and dynamics of clusters, and formation and evolution of cD galaxies, environment of member galaxies, etc., and then the important significance of studies on clusters of galaxies is discussed.