

# 类星体和星系的关系

李宗云

(南京大学天文系)

## 提 要

本文从类星体与星系成协、类星体是遥远的星系核以及类星体跟活动星系,正常星系形成一个活动程度的明显序列等方面,评述了类星体和星系的关系。这些关系是否意味着类星体和星系有演化上的联系,还有待从观测和理论上作进一步研究。

类星体的发现,如果从1963年Schmidt成功地证认3C273的谱线算起,正好二十年。人们对类星体的认识取得了如此巨大的进展,以致于很难在一两篇文章里加以评述。这里,仅就类星体跟星系的关系作一回顾。

## 一、一类奇特的天体

1960年, Sandage 在射电源3C48的位置发现了一个星状光学对应体,虽然它与通常恒星有些不同,但它的外貌使那时的天文学家普遍相信,它只是我们银河系中一颗奇怪的“恒星”。两年后,澳大利亚天文学家们又发现了另一个射电“星”3C273。1963年, Schmidt 把3C273光谱中的四条最亮的谱线证认为氢线,但是它们的波长几乎增加了16%。巨大的红移表明3C273是一个似星而非星的天体,因而得到“类星射电源”、“类星体”这样含糊的名字。

红移这个闸门一经打开,新的发现接踵而来。红移记录一次又一次被打破,迄今为止,观测到的最大红移为3.78(PKS2000—330),而星系的最大红移才0.75。如果类星体的红移具有宇宙学性质,根据Hubble定律,它们将位于遥远的宇宙边缘,给我们带来了早期宇宙的信息,它们的光度要比典型星系大得多。

六十年代中期,天文学家翻阅了大量旧照片,发现在新证认的类星体中,有些过去已被无意中拍摄下来。在许多底片上,包括1887年拍到的一张底片,都能找到3C273。通过仔细观察,发现它们的光度有变化。例如,从3C279的老照片可以看出,这个类星体在1936和1937年发生过两次闪耀,每次外爆的峰值光度为M31的 $10^4$ 倍。从亮度变化可以估计它们的极大尺寸 $R \leq c\Delta t$ 。许多类星体在光学和/或其它波段的光变时标为几个月到一年,有些短到一天或几小时,甚至有快到几分钟的,很难想象光度大约为星系100倍的类星体,其中心能库一般不比光天( $\sim 10^{15}\text{cm}$ )更大,这使这类奇特的天体又增加了一层迷惑人的色彩。

1983年7月25日收到。

1983年11月1日收到修改稿。

## 二、类星体与星系成协

类星体与星系成协涉及到类星体红移到底是宇宙学的, 非宇宙学的, 还是两者兼而有之这样一个根本问题。Arp 等正是把高红移类星体出现在低红移星系附近作为非宇宙学红移的证据<sup>[1]-[8]</sup>, 但是从统计学检验得到两种截然不同的结论, 所以这仍然是一个不确定的、争论中的问题<sup>[9]-[17]</sup>。另一方面, 发现了一些低红移类星体和具有相同红移的星系成协, 它们之间还存在相互作用, 这有利于红移的宇宙学解释。本文不讨论类星体红移的本质, 暂不考虑不同红移的类星体和星系成协情况。

为了检验类星体红移的宇宙学假说, Gunn<sup>[18]</sup>发现与类星体 PKS2251 + 113 成协的一个星系与它有相同的红移。后来对 3C323·1<sup>[19]</sup>、4C37·43<sup>[20]</sup>也得到类似的结果。Stockton对27个低红移类星体附近天区进行了系统的巡天观测<sup>[21]</sup>, 在17个类星体周围共发现29个星系, 其中9个类星体附近至少有一个星系跟它红移一致。在3C273周围5' .06天区内, 有4个 $m_B \lesssim 21.5$ 的星系与该类星体有相同红移。考虑到这个巡天本身的局限性以及选择效应, 可能低红移类星体大多位于星系群中<sup>[21]</sup>。

具有相同红移的类星体和星系成协被认为是类星体服从 Hubble 定律的有力证据。一些天文学家认为 Stockton 在类星体附近发现暗星系可能最终解决类星体红移的论争, 并把它跟 Hubble 在3个旋涡星云中发现造父变星, 从而结束了 Shapley-Curtis 论争相提并论<sup>[22]</sup>。事实上, 这是过于乐观的估计。

Wyckoff 和他的同事发现 3C206 位于一个较密的星系团中, 接近类星体的星系跟它红移相同<sup>[23]</sup>。他们还指出 PKS0837-12 东北 10" 的延伸天体是一个跟类星体有相同红移的星系对。在 Hewitt 和 Burbidge 的表中<sup>[24]</sup>, 也列了13个类星体与一个或几个星系红移相近, 角距很小。

1982年, Stockton<sup>[25]</sup>又发现三个类星体附近有致密天体, 类星体和致密体红移几乎相同, 距离仅几个 kpc (表1)。他估计大约20%的低红移类星体附近有类似的致密天体。推测这些致密伴系的存在跟类星体活动有关, 它们可能是星系的剩余核, 这些星系在跟类星体相互作用中失去大量物质, 正是这些物质的落入导致了类星体活动。类星体 1229 + 206 和 0351 + 026 也有类似的现象<sup>[26]</sup>, 它们周围都有发光物质和一个有相互作用的延伸伴系。

到目前为止, 只发现低红移类星体与星系成协, 但是我们没有理由推测低红移类星体和其它类星体有什么本质不同, 相信红移较高的类星体也可能跟红移相同的遥远星系成协, 只不过目前的观测技术还不足以发现如此暗弱的星系, 或许空间望远镜能在这方面发挥威力。如果这样, 对红移的宇宙学假说将更为有利, 但是也未必能排除某些类星体非宇宙学红移的可能性。

表1 与类星体成协的致密天体

类星体		致密天体			
名称	Z	Z	$m_R$	$\Delta\gamma(^{\circ})$	$\Delta\gamma(\text{kpc})$
MK205	0.0711	0.0715	18.5	3.3	4.1
3C323·1	0.2640	0.2645	20.0	2.7	9.7
PKC2135-147	0.2004	0.2003	19.2	2.0	5.9

(取自 Stockton<sup>[25]</sup>)

### 三、类星体现象发生在星系中

类星体发现后不久,就有人推测它们是遥远星系的亮核<sup>[87]</sup>。但是任何天体越远,它的角直径就越小,越难发现。因此对红移稍大的类星体,它们的基底星系难以发现;困难的另一方面是类星体的巨大亮度淹没了周围的星系的光;更大的困难还在于必须从分光上确定类星体周围的暗云具有星系的特征光谱。所以要获得类星体在星系中的直接证据是件极其困难的事。

1963年,Matthews和Sandage<sup>[28]</sup>发现3C48被一个云状的外壳包裹着,但如果是一个基底星系显然太大太亮。三年以后,Sandage和Miller<sup>[29]</sup>在寻找与3C48成协的星系团时证实了这一发现。暗云从中心向南北两边延伸6",如果取哈勃常数 $H=100\text{kms}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$ , $q_0=+1$ ,这相当于线直径约35kpc。象3C48这样的类星体还有许多,Kristian<sup>[30]</sup>根据一些准则,把类星体的Hubble图分成三个区域,预言某些类星体比较容易找到它们的基底星系。他选择了26个低红移类星体样品,确定了其中的4个肯定具有、6个可能具有模糊包层,2个较大红移类星体具有喷流(jet)似的延伸物。

但是,其后的分光研究使人们错误地以为,3C48的延伸结构不是基底星系,而是类星体喷出的热气体。Wampler等<sup>[31]</sup>在3C48的北云中探测到禁线[O III]、[Ne III]和[O II],但没有巴耳末线,禁线红移(0.370)比类星体(0.368)稍大,连续谱主要是中心体的散射谱。暗云的光谱可用一个被类星体电离了的延伸气体盘拟合<sup>[32]</sup>。Stockton也观测到类星体4C37.43周围暗云的强发射线,跟被同步辐射源电离的气体发射一致<sup>[33]</sup>。

新技术的应用提高了探测类星体周围延伸结构的能力。在MK205附近,除了旋涡星系NGC4319和一个具有该类星体红移的密近伴系以外,仔细检查MK205的计算机增亮象,在类星体周围还显示出一个暗的模糊包层,也具有类星体的红移,这个基底星系和它的邻近伴系组成一个星系对,比它们的前景星系NGC4319要远10倍<sup>[31],[34]</sup>。3C206也是个有趣的天体<sup>[28],[34]</sup>,不仅被几个暗星系包围,它本身还有一个暗的晕,晕的视角径和视星等指出它是一个基底星系。由象光子计数系统得到的光谱也证实了这点。

Hutchings等研究了13个类星体的形态<sup>[35]</sup>,其中9个有好的III.-F底片,它们周围都发现模糊结构。Wyckoff等得到15个类星体中,除了两个红移比较大的以外,其余的周围都有暗云。对于宇宙学红移(取 $H_0=100\text{kms}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$ , $q_0=+1$ )和 $Z_{\text{云}}=Z_{\text{类}}$ ,算出暗云的平均直径 $\langle D \rangle \sim 54 \pm 18\text{kpc}$ ,跟亮的团内星系标准直径 $\sim 70\text{kpc}$ 相差不大<sup>[36]</sup>。

在以上的叙述中,有时我们沿用了原作者的说法,把某些延伸结构直接说成基底星系。实际上这是不严格的,因为没有证据表明暗云具有星系光谱特征。有些分光观测只显示出暗云的发射线,却没有作为恒星特征的连续谱和吸收线<sup>[81][33][37]</sup>,不能排除暗云只是一个大的气体包层的可能性。虽然也有例外,PHL1070的晕具有一个可能的吸收线系,但结果不是很肯定,因为有一条强吸收线得不到解释<sup>[38]</sup>。3C206的模糊结构显示出具有Ca II HK吸收的连续谱,但是其它应该很强的吸收线却不出现<sup>[23][8]</sup>。

为了探测恒星光谱,并由此估计星系的亮度,Miller和他的合作者进行了活动河外天体的分光研究<sup>[39][40]</sup>。1977年,他们在玻璃片上蒸发一个小的铝点,把它放在里克天文台120英

寸 Shane 反射镜和光谱仪之间, 因为铝点遮住了 BLLac 核的光, 成功地得到 BLLac 核外暗云的光谱, 它跟椭圆星系 M32 非常相象, 从而得出 BLLac 的可变亮核被嵌在一个普通椭圆星系中的结论。这一发现增强了 Miller 等人进一步去观测类星体暗云的信心, 但是没有成功。因为强射电星系一般是椭圆星系, Miller 等人选择了 9 个低光度强射电类星体和 9 个 N 星系, 他期望探测到 E 系的晚型星吸收谱, 结果 7 个 N 星系的确如此, 却没有一个类星体外围显示出星系的恒星光谱。所以在 1982 年以前, 关于类星体的基底星系仍然缺少直接证据。

Boroson 和 Oke 对 3C48 基底星系的探测<sup>[41]</sup>, 为类星体现象发生在星系中提供了最有力的证据。1981 年 11 月 4 日和 12 月 16 日, 他们用 5 米望远镜观测 3C48 及其周围暗云。借助于一个有效的光谱仪和现代化的电荷耦合器件, 总共只用了 2 小时(望远镜时间)就成功地获得了这个暗天体的有用光谱。观测结果表明, 南北暗云除了 Wampler 等人看到的发射线以外, 还有一个具有吸收特征的连续谱。吸收线主要是较高的巴耳末线和 Ca II K 线, H<sub>β</sub> 吸收线似乎全被发射填满, H<sub>γ</sub> 部分地被填满, 但是没有晚型恒星的吸收特征。暗云的连续谱为热星型, 平均谱型大致为 A7, 连续谱的斜率也指出蓝星性质, B-V 颜色北云约 0.35, 南云 0.22。

红移的测量指出, 南北暗云中所有谱线有同样的红移, 并且跟核的容许谱线的红移一致, 但与禁线有 500kms<sup>-1</sup> 的速度差。

3C48 基底星系的早期光谱是出乎意料的。蓝的颜色、最近的恒星形成和发射线的解释都要求一个富气的环境, 通常椭圆星系气体很少或者根本探测不到<sup>[42]</sup>, 因此这个星系可能是旋涡星系。然而, 即使最蓝的旋涡星系 Sm, 平均颜色 B-V=0.38<sup>[43]</sup>, 也比它红, 一个可能的解释是在中心源的激波触发下, 爆发形成恒星。Larson 和 Tinsley 计算了星族单次爆发模型<sup>[44]</sup>, 在爆发后 1—2 × 10<sup>8</sup> 年会有现在观测到的颜色, 但对平均谱型 A7, 爆发年龄更象 10<sup>9</sup> 年。这个矛盾可用初始质量函数(IMF)很平、B-V 红化很慢来解释。

Boroson 和 Oke 估计这个星系视星等为 18.5, 象早期研究指出的那样, 对一个正常星系来说光度太大了, 但是, 如果一次爆发使累积颜色变得这样蓝, 相应地它的质光比至少减小 10 倍, 也就是星系光度提高三个星等。因此, 恒星形成的爆发过程不仅解释了基底星系异常蓝的颜色, 也能解释它的巨大光度。

3C48 基底星系的成功探测, 为揭开类星体之谜迈出了重要的一步。在建立类星体与活动星系和正常星系的联系中是一个决定性的环节。虽然, 1982 年只获得了 3C48 和 3C273 的星系光谱, 因为目前我们只能拍到邻近亮类星体的暗云光谱。但是具有暗云的类星体是很多的, Hutchings<sup>[45]</sup>观测了 Z=0.45 的类星体, 也发现一个延伸暗云, 我们相信, 类星体具有基底星系可能是普遍现象。

## 四、类星体是最活动的星系核

### 活动核的特征

类星体作为一种活动星系核已得到公认, 这些天体包括塞佛特星系、射电星系、N 星系、类星体等。它们具有许多共同特征, 例如<sup>[46]</sup>

——非圆内部运动(一般膨胀)能达到几百 kms<sup>-1</sup>,

- 本征光度  $10^{38} - 10^{46} \text{ergs}^{-1}$ ，大部分由非热机制提供；
- 各波段的光变暗示非热辐射的突然外爆，发射区小于 0.1 光年；
- 能量储存可能大到  $10^{62} \text{erg}$ ；
- 运动、光谱中的吸收线、观测到的结构暗示有物质喷射；
- 根据具体情况，这些过程的时标短到  $10^5 - 10^8$  年；
- 重复出现。

**Ozernoy 分类**

关于活动星系核的特征，已发表的工作很多很多，国内其它杂志也有过评述<sup>[47]</sup>。我们更感兴趣的是这些天体的活动程度具有明显的连续性。鉴于最近几年正常星系核的研究取得了很大进展，星系核活动程度的连续性可以延伸到正常星系。事实上，早在 1970 年就有人提出了这种思想，这就是 Ozernoy 提出的星系按活动或激发程度的分类系统(转引自(46))。

图 1 中，下边一行是扩大了 Hubble 序列，两个附加的类型  $C_1$ 、 $C_2$  是质量较大较致密的 Zwicky 星系，IGH II 是最不致密的星系际电离氢区。Ozernoy 称这个扩大了 Hubble 序列为星系的“基态”，它们主要发出热辐射，非热成分很少或者没有，即  $L_{NT} \ll L_T$ ；相反，塞

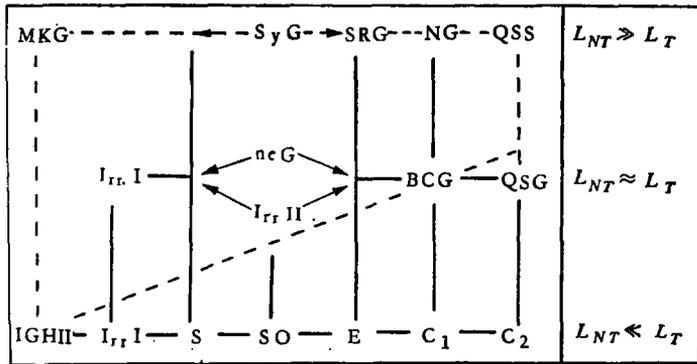


图 1 星系的 Ozernoy 分类 (取自 Ozernoy<sup>[48]</sup>)

佛特星系(SyG)、强射电星系(SRG)、N 星系(NG)和类星射电源(QSS)等被认为是很活动的星系，非热辐射超过热辐射， $L_{NT} > L_T$ ；类星星系(QSG)、蓝致密星系(BCG)、具有核发射的星系(neG)、不规则星系(Irr II)以及比较活动的 Irr I 组成一个中等活动序列， $L_{NT} \approx L_T$ 。图 1 实际上是以  $L_{NT}/L_T$  和致密程度为变量的二维分类系统。

Ozernoy 分类没有引起应有的重视，在很长时间里几乎没人提到它。主要原因可能就是正常星系核活动还不了解，加上分类上的某些细节还比较勉强，就各类活动核而言，它们许多性质的连续性，人们是早有所知的。

**活动星系性质的连续性**

Sandage 最先指出了 SyG、NG 和 QSO 性质上的连续性<sup>[48]-[50]</sup>。我们将结合近十年的观测，给出更多的证据。

——形态 SyG 是具有亮核的 S 系，NG 是一个小亮核加上暗的背景。远的 SyG ( $Z > 0.1$ ) 由于难以看到盘状结构，有可能归类为 NG。另一方面最近的 NG，发现强的核区被旋臂环绕。即使用最大的望远镜观测，类星体总是呈恒星状，只有在少数情况下才看到暗的云，就光度大部分来自点源而言，NG 类似于 QSO，但是所有 NG 都显示出暗的背景。

——红移 SyG 一般  $Z < 0.1$ ，NG 大多  $Z = 0.05 - 0.30$ ，QSO 大部分  $Z = 0.1 - 3.78$ (表

2)。虽然近年来发现许多低红移( $Z < 0.3$ )类星体(LRQ), 但  $Z < 0.1$  的仍然不多。

——颜色 在  $B-V$ ,  $U-B$  两色图上, SyG、NG、QSO 连续分布, 表示 QSO 比 SyG 有更大的紫外超, 有更强的非热辐射。Sandage 计算了一个标准 QSO 加上 M31 那样的基底星系的合成颜色如何随着 QSO 对光度的相对贡献的增加而变化, 得到一条理论轨迹。Weedman 对 SyG 进行了多孔径测光<sup>[51]</sup>, 当孔径越来越小, 即逐渐以来自核的光为主时, 颜色越来越蓝, 在两色图上的位置沿着 Sandage 的理论曲线移动, 这说明 SyG 核的颜色类似于一个典型的 QSO, 而外盘的颜色则与通常 S 系一致。

——光谱 SyG 的连续谱不同于正常星系, 而类似于正常星系核中占优势的合成恒星谱。可能由三种机制产生: 射电波段和红外的一部分是非热同步加速辐射; 红外波段大部分来自尘埃的再发射, 这些尘埃被 SyG 核的光学和紫外辐射加热; 光学连续谱由恒星和气体的热辐射和非热辐射叠加所产生。QSO 的连续谱在厘米波段平均谱指数  $\langle \alpha \rangle = 0.81$ , 在  $0.3-2.2\mu\text{m}$ ,  $\alpha = 0.2$ 。非热辐射不仅对射电波有贡献, 对某些 QSO, 非热谱可延伸到可见光和红外。SyG 和 QSO 的发射线都以高激发为特征。SyG 具有产生 [OII]、[NeIII] 所需要的激发度; QSO 中原子可达到 5 次电离。

——射电 致密射电源通常与类星体和 BLLac 天体成协, 有时也在 SyG 等活动星系甚至正常星系中发现。QSO 中小于 10% 是射电源, 类星射电源的特征是极端致密, 以致于接收到的流量主要部分来自直径  $< 1''$  的天区。类星体 3C345 作为一个射电源, 它由一个亮核和一个延伸  $0''.005$  的 jet 组成, 亮核的大小不大于  $0''.0005 \times 0''.0007 (\lesssim 4 \times 6\text{pc})$ <sup>[52]</sup>。SyG 的射电发射区一般从 10pc 到若干 kpc, 例如, 2 厘米 VLA 观测把 NGC1068 分解成  $1''$  不对称双源结构和一个核源, 核源半径为  $3.7\text{pc}$ <sup>[53]</sup>。在最亮的射电源中, 4 个(1 个 SyG, 3 个 QSO) 显示出致密源的视超光速现象。NGC1275 核中致密源以  $30000\text{kms}^{-1}$  膨胀<sup>[54]</sup>。SyG 一般没有强射电源中的延伸双源结构, 而某些 QSO 出现延展双源。3C273 具有一个发光的 jet, 另一个类星体 4C32.69 有一个窄的射电 jet, 长约 200kpc, 从核一直延伸到一个射电外瓣, 约为银河系直径的 7 倍, 比邻近的射电星系中的 jet 亮 2—3 量级<sup>[55]</sup>。

——X 射线 从表 2 看出, 在能量范围 0.5—4.5keV 内, 对 SyG,  $L_x = 10^{41}-10^{44}\text{ergs}^{-1}$ ; 对 NG,  $L_x = 10^{42}-10^{45}\text{erg s}^{-1}$ ; 对 BLLac 天体,  $L_x = 10^{43}-10^{46}\text{erg s}^{-1}$ ; 对 QSO,  $L_x = 10^{44}-10^{47.9}\text{erg s}^{-1}$ <sup>[56]</sup>。X 射线光度在 2—10keV 比 0.5—4.5 keV 高, 例如对 SyG,  $L_x = 10^{42}-10^{45}\text{erg s}^{-1}$ <sup>[57]</sup>。

——光变 SyG 在光学和红外波段有时标 1 年到 1 月的变化, QSO 在光学和厘米波段有时标几年—几天的光变。SyG 和 QSO 的 X 射线辐射有几天甚至几小时的变化<sup>[58]</sup>, 塞佛特星系 NGC6814 的 X 射线光度变化时标短到 100 秒<sup>[59]</sup>, 类星体 1525 + 227 的 X 光变时标或许也只有 100 秒<sup>[60]</sup>, 但它的 X 光度为 NGC6814 的几百倍。

——偏振 实际上所有强偏振河外源都在巨椭圆星系核和类星射电源中发现, 大多数 QSO 和 SyG 只有很低的偏振度。塞佛特星系 NGC1068 在光学波段为 5%, 大多数 QSO 在可见光波段不超过 10%, 但有光变的偏振度高得多。

类星体和塞佛特星系之间的过渡, 还因为 X 射线选择活动星系核的插入而更加平滑。X 射线源中, 大概 75% 起源于河外。爱因斯坦天文台高能量、高流量选择的样品主要是星系团;

表 2 活动星系的 X 射线光度

名 称	Log $L_x$		名 称	Log $L_x$	
	Z	(0.5—4.5keV)* (ergs s <sup>-1</sup> )		Z	(0.5—4.5keV)* (ergs s <sup>-1</sup> )
<b>Seyfert Galaxies</b>			<b>Quasars</b>		
1E0038+061	0.067	43.27	PHL957	2.69	<46.91
3C120	0.033	43.93	0237-234	2.223	47.16
NGC3227	0.0033	41.25	PKS0420-014	0.915	46.26
1E1059+73	0.085	43.18	4C05.34	2.877	<47.02
NGC3516	0.0093	41.58	KP0805.4	2.11	<46.50
X Comae	0.091	43.92	0906+015	1.018	46.02
1E1557+272	0.066	43.03	TON490	1.633	46.60
1E1705+607	0.077	43.14	3C273	0.158	45.88
平 均	0.054	42.92	5C04.105	0.650	45.25
<b>N Galaxies</b>			5C04.127	1.373	<46.02
3C109	0.306	45.23	W61972	1.922	46.54
3C227	0.085	43.30	W22722	1.770	<46.47
PKS1417-190	0.119	44.50	W21541	2.047	<46.67
RN73	0.047	42.70	OQ172	3.53	47.81
3C445	0.057	42.83	PKS1510-089	0.361	45.32
平 均	0.123	43.71	1E1526+286	0.45	45.20
<b>BL Lacs</b>			3C323.1	0.264	45.29
OB81	...	...	TON256	0.131	44.53
0109+225	...	...	NAB1612+266	0.395	44.49
0235+164	0.852	45.90	4C39.46	1.082	<45.76
0735+178	0.424	45.17	4C38.41	1.814	46.45
4C20.29	...	...	KP1703.5	1.98	46.40
AP Libra	0.050	43.17	3C351	0.371	44.96
I Zw186	0.055	44.16	1729+501	1.111	<45.92
平 均	0.345	44.60	1E2215-037	0.24	44.49
			PKS2216-038	0.901	45.80
			MR2251-178	0.068	44.47
			平 均	1.263	45.73

(取自 W.H. -M. Ku<sup>[56]</sup>)

而中等灵敏度选择的河外源主要是活动星系核<sup>[61]</sup>。X 射线选择的活动星系核(AGN)大多是低红移低光度；它们的光学性质和与  $L_x$  的关系，与 SyG 非常一致，只是在帕洛玛天图上呈现星状特征<sup>[62][63]</sup>。Kriss 和 Canizares 证认了 25 个新的 X 射线选择的 AGN<sup>[64]</sup>， $Z=0.06-1$ ， $L_x=2 \times 10^{43}-5 \times 10^{45} \text{erg s}^{-1}$ ， $m_v=14.4-20.3$ 。这些 AGN 跟光学选择的 I 型 SyG 和几个探测到 X 射线的光学选择 QSO，具有很好的连续性。

类星体和其它活动星系核，尤其是塞佛特星系性质上的连续性，反映了它们活动程度的连续性。借助于各种观测手段，已经能够提供星系活动更为直接的证据。例如对 NGC 4151，Anderson 和 Kraft 发现三个巨大的气壳正从星系核被赶出来的迹象，估计每年从其中心喷出  $100M_\odot$  的物质，对 NGC1068，最近的观测暗示核内有一个直径  $\lesssim 2.7 \text{pc}$ 、光度为  $5 \times$

$10^9 L_{\odot}^{[65]}$  的致密体。然而对类星体, 除甚长基线干涉仪以外, 各种观测都不能提供这样的细节。但是从上述性质的比较, 我们有理由认为 QSO 具有比 SyG 更为猛烈的活动, 是最活动的活动星系核。

### 正常星系核的活动

星系活动性阶梯的下层被各类正常星系占据着。“正常星系”的概念本身是有点模糊的, 有时它作为形态特殊的星系的反义词; 有时它又被看成活动星系的对立面。为了组织一次正常星系核的讨论会, 组织委员会曾对“正常”这个词下了个适当的定义, 即正常星系核的能量范围的上限应跟 SyG 核的下限重叠<sup>[66]</sup>, 按照这种观点, 能量低于 SyG 的星系都叫正常星系。

我们银河系是典型的正常星系。关于银河系中心的结构, Oort 做过很好的评述<sup>[67]</sup>, 最近又发表了一篇新的评述<sup>[68]</sup>。

早在 1960 年, Oort 和 Rougoor 通过观测 21cm 辐射的多普勒位移, 发现两个巨大的氢膨胀臂, 氢气总含量至少几百万个  $M_{\odot}$ , 膨胀速度各为 53 和  $135 \text{ km s}^{-1}$ 。一个自然的推测是, 大约在  $10^7$  年以前发生了什么事情, 把大量气体从银核驱逐出来。

作为银心标志的 SgrA, 是整个天空最亮的射电源之一, 直径仅 40 光年。实际上, 它由非热的 SgrA 东源和热的 SgrA 西源组成。SgrA 西源包含一个弱的极端致密源, 直径不大于  $0''.001 (10 \text{ AU})^{[69]}$ 。致密射电源被高速运动的电离气体围绕<sup>[70]</sup>。谱线的系统位移不大, 而宽度较大, 表明这些气体具有大的非圆运动。Wollman 等人从气体的旋转速度得到 1pc 范围内银核质量为  $4 \times 10^6 M_{\odot}$ ; Lacy 等人得到 1pc 内  $M \sim 6-12 \times 10^6 M_{\odot}$ , 其中约  $3 \times 10^6 M_{\odot}$  集中在一个中央黑洞里。他们还指出电离气体是成块的, 至少聚集在 14 个小云中<sup>[71]</sup>。红外源 IRS16 方向, 宽的 HeI 发射线表明存在中央高速区<sup>[72]</sup>。

银河系核区巨大的分子云排列成一个直径约 2000 光年的环, 膨胀速度为  $40 \text{ km s}^{-1}$ <sup>[73]</sup><sup>[74]</sup>。Yasuo Fukui 指出<sup>[75]</sup>银河系中心区有  $10^8 M_{\odot}$  以上的分子氢, 在  $|\lambda| \lesssim 3^\circ.0$  的内部区域, 主要发射特征位于  $0^\circ.0 \lesssim l \lesssim 2^\circ.0$ , 相对于银心的速度各不相同:  $0 \lesssim v \lesssim 100 \text{ km s}^{-1}$ , 这种扇形分布最直接的解释是物质喷射的各向异性, 这个分子集合体的总动能  $\gtrsim 10^{55} \text{ erg}$ 。

除了射电和红外辐射以外,  $\gamma$  射线天文学家还发现来自银心方向的  $511 \text{ keV } e^-e^+$  湮灭辐射, 并在六个月的的时间尺度上变化<sup>[76]</sup>。

发生在银核附近的上述现象, 也已在其它正常星系中观测到, 在上面提到的关于正常星系核的讨论会上, 比较集中地对这些现象作了报道和评述。大量观测事实证明, 在正常核中普遍存在形态不对称、高的速度弥散、爆发、喷射等活动迹象。但是我们也看到, 这些活动跟 SyG、QSO 相比, 至少在程度上还有较大差别, 这意味着在星系活动性阶梯上还缺了级台阶, 必须找到一些不太“正常”的正常星系来填补这个空隙。

一种看法<sup>[22]</sup>认为, 象 M82 那样的爆发星系是当然的候选者。M82 是一个 Irr II 系, 有很强的射电发射, 谱较平 ( $\alpha = 0.2$ ), 外部自转曲线与正常 S 系一致。如果 SgrA 附近的活动增强 10 倍, 或许银河系看上去就象 M82 一样。六十年代, Sandage 和 Lynds<sup>[77]</sup> 提出一个爆发模型, 以解释 M82 中观测到的丝状  $H_{\alpha}$  结构。七十年代后期进行的一些观测, 也暗示大约在  $10^7$  年以前 M82 核中发生过猛烈爆发。

Heckman 在他的学位论文中, 对正常星系核的活动进行了研究 (参见<sup>[78]</sup>), 他发现了一

类具有低电离核发射线区 LINER's (Low Ionization Nuclear Emission-Line Regions) 的正常星系。这类天体低电离发射线相对地强, 在相对强度  $\log[\text{O I}]/[\text{O III}] - \log[\text{O II}]/[\text{O III}]$  平面上, LINER's 与 SyG 成连续分布; 光度低于 SyG, 和巨 H II 区差不多; 发射线宽从  $<300$  到  $1000 \text{ km s}^{-1}$ ; LINER's 的相对频数在具有致密射电源的星系中为 67%, 在 Hubble 形态型早于 Sb 的星系中为 50%。Heckman 认为 LINER's 是架设在活动星系核和宁静星系核之间的桥梁。

到底哪一类或哪几类星系能把银河系跟 SyG 平滑地衔接起来, 还没有倾向性的看法, 但是相信它们是存在的。正常星系、活动星系和类星体构成一个活动性的序列是无疑的。

二十年前, 类星体以它星状的外貌和巨大的红移, 作为一类奇特的天体被发现。今天, 我们已经知道, 至少一些低红移类星体在空间分布上与星系成协, 有些就在星系群或星系团中。密近类星体——星系对可能存在相互作用, 这种作用或许是产生类星体活动的原因之一。由于类星体周围的暗云, 特别是 3C48 基底星系的发现, 我们有理由相信类星体现象就发生在星系内部, 它们是遥远的星系核。从类星体、塞佛特等活动星系以及正常星系性质的分析, 构成了星系活动性的明显阶梯, 类星体占据这个阶梯的最上层。这里自然产生了一个问题, 类星体和星系有没有演化联系? 这方面的理论工作已做了一些, 限于篇幅这里不予评述。

### 参 考 文 献

- [1] Arp, H., *Science*, **151** (1966), 1214.
- [2] Arp, H., *Ap. Letters*, **9** (1971), 1.
- [3] Arp, H., in *The Redshift Controversy*, 15, ed. G. B. Field; Reeding MA, Benjamin (1973).
- [4] Arp, H., et al., *Ap. J.*, **199** (1975), 577.
- [5] Arp, H., IAU Colloquium 263, *L'evolution des galaxies et ses implications cosmologiques*, 377, Paris, Centre national de la recherche scientifique.
- [6] Arp, H., and Sulentic, J. W., *Ap. J.*, **229** (1979), 496.
- [7] Arp, H., et al., *Ap. J.*, **229** (1979), 489.
- [8] Arp, H., *Ap. J.*, **239** (1980), 463.
- [9] Lynds, R. and Millikan, A., *Ap. J.*, **176** (1972), L5.
- [10] Adams, T. F., Weymann, R. J., *Ap. Letters*, **12** (1972), 143.
- [11] Weedman, D. W., *Quart. J. R. A. S.*, **17** (1976), 227.
- [12] Stockton, A. et al., *Ap. J.*, **231** (1979), 673.
- [13] Wills, D., *Phys. Scripta*, **17** (1978), 333.
- [14] Burbidge, G. *Nature*, **282** (1979), 451.
- [15] Weedman, D. W., *Ap. J.*, **237** (1979), 326.
- [16] Arp, H., *Ap. J.*, **250** (1981), 31.
- [17] 赵君亮、何香涛, *天体物理学报*, **3** (1983), 1.
- [18] Gunn, J. E., *Ap. J.*, **164** (1971), L113.
- [19] Oemler, Jr. A., et al., *Ap. J.*, **176** (1972), L47.
- [20] Stockton, A., *Nature Phys. Sci.*, **246** (1973), 25.
- [21] Stockton, A., *Nature*, **274** (1978), 342.
- [22] Kaufmann, W. J., *Galaxies and Quasars*, 154, 164; San Francisco, W. H. Freeman & Co. (1979).
- [23] Wyckoff, S., et al., *Ap. J.*, **240** (1980), 25.
- [24] Hewitt, A. & Burbidge, G., *Ap. J. Suppl.*, **43** (1980), 57.
- [25] Stockton, A., *Ap. J.*, **257** (1982), 33.
- [26] Hutchings, J. B., et al., *Ap. J.*, **261** (1982), L23.

- [27] Schmidt, M. & Greenstein, J. L., *Ap. J.*, 140 (1964), 1.
- [28] Matthews, T. A. & Sandage, A. R., *Ap. J.*, 138 (1963), 30.
- [29] Sandage, A. & Miller, W. C., *Ap. J.*, 144 (1966), 1238.
- [30] Kristian, J., *Ap. J.*, 179 (1973), L61.
- [31] Wampler, E. J. et al., *Ap. J.*, 198 (1975), L49.
- [32] Bergeron, J., *Ap. J.*, 210 (1976), 287.
- [33] Stockton, A., *Ap. J.*, 205 (1976), L113.
- [34] Wyckoff, S. & Wehinger, P. A., *Sky Tel.*, 61 (1981), 200.
- [35] Hutchings J. B. et al., *Ap. J.*, 247 (1981), 743.
- [36] Wyckoff, S. et al., *Ap. J.*, 247 (1981), 750.
- [37] Wyckoff, S. et al., *Ap. J.*, 242 (1980), L59.
- [38] Morton, D. C. et al., *Ap. J.*, 219 (1978), 381.
- [39] Miller, J. S. et al., in Pittsburgh conf. on BL Lac Objects, 176, ed. Wolfe, A. M.; Univ. of Pittsburgh (1978).
- [40] Miller, J. S. et al., *IAU Symp.*, No. 92 (1979), 83.
- [41] Boroson, T. A. & Oke, J. B., *Nature*, 296 (1982), 397.
- [42] 李宗云、刘汝良, 天体物理学报, 1 (1981), 28.
- [43] 李宗云、戴文赛, 南京大学学报, No. 2 (1979), 17.
- [44] Larson, R. B. & Tinsley, B. M., *Ap. J.*, 219 (1978), 46.
- [45] Hutchings, J. B. et al., *Ap. J.*, 262 (1982), 48.
- [46] Sérsic, J. L., *Extragalactic Astronomy*, 83, 112, Dordrecht, D. Reidel (1982).
- [47] 刘汝良、李卿晓, 自然杂志, 3 (1980), 737.
- [48] Sandage, A. R. in *Nuclei of Galaxies*, ed. D. J. K. Oconnell; New York, American Elsevier (1971).
- [49] Sandage, A. R., *Ap. J.*, 178 (1972), 25.
- [50] Sandage, A. R., *Ap. J.*, 180 (1973), 687.
- [51] Weedman, D. W., *Ap. J.*, 183 (1973), 29.
- [52] Cohen, M. H. et al., *Ap. J.*, 247 (1981), 774.
- [53] van der Hulst, J. M., *Ap. J.*, 261 (1982), L59.
- [54] Kellermann, K. I. & I. I. K. Pauliny-Toth, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 19 (1981), 373.
- [55] Potash, R. I. & Wardle, J. F. C., *Ap. J.*, 239 (1980), 42.
- [56] Ku, W. H. -M., in *Highlights of Astron.*, 677, ed. P. A. Wayman; Dordrecht, D. Reidel (1980).
- [57] Elvis, M. et al., *M. N. A. R. S.*, 183 (1978), 129.
- [58] Marshall, N. et al., *M. N. A. R. S.*, 194 (1981), 987.
- [59] Tennant, A. F. et al., *Ap. J.*, 251 (1982), 15.
- [60] Lawrence, A., *Nature*, 296 (1982), 706.
- [61] Maccacaro, T. et al., *Ap. J.*, 253 (1982), 504.
- [62] Grindlan, J. et al., *Ap. J.*, 239 (1980), L42.
- [63] Chanan, G. A. et al., *Ap. J.*, 243 (1981), L5.
- [64] Kriss, G. A. & Canizares, C. R., *Ap. J.*, 261 (1982), 51.
- [65] Meaburn, J. et al., *Nature*, 296 (1982), 331.
- [66] Burton, W. B., in *Highlights of Astron.*, 133, ed. P. A. Wayman; Dordrecht, D. Reidel (1980).
- [67] Oort, J. H. A., *Rev. A. Ap.*, 15 (1977), 295.
- [68] Townes, C. H. et al., *Nature*, 301 (1983), 661.
- [69] Kellerman, K. I. et al., *Ap. J.*, 241 (1977), L61.
- [70] Wollman, E. R. et al., *Ap. J.*, 205 (1976), L5.
- [71] Lacy, J. H. et al., *Ap. J.*, 227 (1979), L17.
- [72] Hall, S. et al., *Ap. J.*, 260 (1982), L53.
- [73] Kaifu, J. et al., *Nature*, 238 (1972), 105.
- [74] Scorrille, N. Z., *Ap. J.*, 175 (1972), L127.
- [75] Fukui, Y., in *Highlights of Astron.*, 171, ed. P. A. Wayman; Dordrecht, D. Reidel (1980).

- [76] Riegler, G. R. et al., *Ap. J.*, 248 (1981), L13.  
[77] Sandage, A. R. & Lynds, C. R., *Ap. J.*, 137 (1963), 1005.  
[78] Heckman, T. M., in *Highlights of Astron.*, 185, ed. P. A. Wayman; Dordrecht, D. Reidel (1980).

## On Relations between Quasars and Galaxies

Li Zong-yun

(*Department of Astronomy, Nanjing University*)

### Abstract

A review on relations between quasars and galaxies is presented here.

Some of low-redshift quasars are close to galaxies with the same redshifts, mingling in the groups or clusters of galaxies. The distorted isophotes of associated galaxies suggest the presence of interactions. Perhaps nearby QSOs may be powered by interaction with a gas-rich companion. There is no reason as yet to suppose that more distant QSOs are of any essential difference. When space telescope comes to work, one will probably find some faint galaxies at higher redshifts associated with the QSOs with the same redshifts. This will support cosmological interpretation of the redshifts.

In addition to the evidences for extended structure in a number of low-redshift QSOs, the finding by Boroson and Oke of an early-type absorption spectrum in the 3C48 nebulosity is consistent with the conventional view that quasar phenomena occur in galactic nuclei, although most quasars are so far away that there is little hope of detecting underlying galaxies which might be associated with them.

There exists, as we know, a gap between Seyfert and normal galaxies. However, by comparing the properties of the activities of quasars, Seyfert galaxies and normal galaxies, a continuity of their behaviour is shown.