

doi: 10.3969/j.issn.1000-8349.2015.03.08

类星体光度和暗物质晕的统计关系

王立新

(中国科学院 上海天文台 星系与宇宙学重点实验室, 上海 200030)

摘要: 活动星系核的能量反馈是星系形成理论模型中的一个重要物理过程, 与星系所处的暗物质晕质量、星系中央大质量黑洞吸积率等因素有关。当前的半解析模型预测活动星系核反馈机制主要有两种模式: 射电模式和类星体模式, 前者主要发生在大质量暗晕中央的大质量星系中, 后者主要由较小质量星系合并导致。利用斯隆数字化巡天 (SDSS) 提供的目前最大的类星体光谱观测样本, 结合基于 SDSS 构建的星系群 (团) 表, 从统计上分析了类星体的热光度和暗晕质量的分布情况。初步分析结果显示, 在大质量暗晕中, 类星体的热光度和所在暗晕的质量没有相关性, 类星体所在暗晕的质量分布很广, 进一步证实了高光度的类星体并不存在于大质量的暗晕中。

关键词: 类星体; 暗物质晕; 星系形成

中图分类号: P158 **文献标识码:** A

1 引 言

按照现在的宇宙学模型和星系形成理论, 暗物质首先聚集成团, 形成暗物质晕 (也称暗晕), 而星系是在暗晕中心形成的^[1]。因此研究星系与暗晕的关系对于研究星系形成和演化具有重要的意义。

数值模拟^[2]可以给出暗晕质量的统计分布, 而观测上可以给出星系性质的统计分布^[3, 4], 通过比对暗晕的质量和星系的质量分布, 可以发现星系质量和暗晕质量的比值 (M_*/M_h) 呈现非单调特性^[5, 6]: 与银河系质量相当的星系的 M_*/M_h 最大, 而在大质量端和小质量端 M_*/M_h 均迅速减小。这表明大质量星系和小质量星系的恒星形成率都偏低。对于小质量星系, 通常认为超新星爆炸产生的能量反馈^[7]可以有效抑制星系中恒星的形成, 从而降低小质量星系的形成率。对于大质量星系, 活动星系核造成的能量反馈^[8-10]被认为是抑制大质量星系形成率的有效机制。对于活动星系核反馈, 理论上提出了两种模式: 类星体模式 (也称星暴模式, starburst mode) 和射电模式 (也称热晕模式, hot-halo mode)。在类星体模式中, 星系

收稿日期: 2014-11-10; 修回日期: 2015-04-14

资助项目: 国家自然科学基金 (Y245711001)

通讯作者: 王立新, wlixin@shao.ac.cn

并合或其他原因导致星系气体盘不稳定, 促使盘上的冷气体落入星系中央并被黑洞吸积, 从而触发中心黑洞的活动; 在射电模式中, 大质量星系位于暗晕中央, 处于大量热气体的包裹之中, 星系中央黑洞通过吸积热气体而活动。这两类活动星系触发机制不同, 黑洞吸积率和光度不同, 所处的暗晕也不同。

类星体是最亮的活动星系, 理论认为其超高的光度是由星系中央的大质量黑洞引发的^[11]。由于类星体具有很高光度, 从低红移到高红移都可以被观测到, 因此通过类星体的观测可以了解星系中央黑洞的演化, 同时也可以了解黑洞和星系的共同演化过程。根据星系形成理论以及上述活动星系核的反馈机制, Fanidakis 等人^[12]通过半解析模型预言活动星系在热光度和暗晕质量上呈现两极分布^[12]。由黑洞吸积冷气体 (类星体模式) 产生的活动星系分布在小的暗晕中; 而黑洞吸积热气体 (射电模式) 的活动星系的热光度和所在暗晕的质量有很好的相关性。同时, 光度小的活动星系所在暗晕的质量分布比较弥散, 而最亮的活动星系 (类星体) 分布在较小的暗晕中。

类星体的成团性常用来研究星系与环境的关系。类星体的成团性最早的研究可以追溯到 Osmer 等人^[13], 类星体的成团性和相同红移处同等光度的星系的成团性相似^[14-16], 这说明类星体的产生和所在的环境无关, 而是高光度星系的随机过程^[17], 但是另外一些人发现在小尺度上 (小于 100 kpc), 类星体和环境相关^[18], 暗示着小尺度上的潮汐作用可能导致类星体的形成。随着斯隆数字巡天 (SDSS^[19]) 和 2dF 类星体红移巡天^[16] 的大样本类星体数据的出现, 类星体成团性已经被越来越多的人研究。通过类星体的自相关函数 (auto-correlation function) 或者类星体与星系样本的交相关函数 (cross-correlation function), 类星体的成团性可以从低红移到高红移被观测 ($0.4 < z < 4.0$)^[16-18, 20-24]。相关函数的幅度暗示着这些类星体位于大质量的暗晕中, 因此和所在的暗晕存在偏袒 (bias)^[25, 26], 而且这种偏袒会随着红移增加^[16, 17, 22, 27]。通过比对类星体和暗晕的分布, 可以得出类星体所在暗晕的质量在 $10^{12} \sim 10^{13} h^{-1} \cdot M_{\odot}$ ^[16, 17]。类星体大样本数据可用来研究类星体的光度和环境的关系。研究发现类星体成团性和类星体的光度相关性很弱^[16, 18, 24, 28], 因此类星体的光度和环境的关系很弱。类星体的成团性随着红移演化^[16, 20, 21], 而且所在的暗晕质量也随着红移演化, 但是, 正如这些人指出的, 类星体的成团性随红移的演化是没有考虑到类星体光度的演化, 因此 da Ângela 等人^[27]利用 2SLAQ (合并了斯隆和 2dF 的类星体巡天的数据) 发现, 固定光度的类星体所在的暗晕质量并不随着红移演化。基于成团性的分析, 反映了类星体的光度与平均的环境关系很弱, 而半解析给出类星体光度和所在暗晕质量的分布呈现两极分布。本文基于星系团的样本, 对类星体的热光度和所在的暗晕做直接的比较研究。

我们利用 Shen 等人^[29]的类星体样本和斯隆数字化巡天 (SDSS^[19]) 的低红移到中等红移的星系群样本来研究类星体和所在暗晕的关系。第 2 章介绍数据来源, 第 3 章给出详细的计算与分析, 第 4 章对全文进行总结和展望。文中采用 Λ CDM 宇宙学模型, 其中宇宙学参数 $h = 1$, $\Omega_m = 0.3$, $\Omega_{\lambda} = 0.7$ 。

2 数据来源

本文数据来自于斯隆数字巡天 (SDSS^[19])。类星体样本是 Schneider 等人^[30]基于 SDSS DR7^[31] 的观测数据建立的。Schneider 等人选取了 105 783 个亮于 $M_i = -22.0$ mag 的类星体^[32], 类星体红移分布在 $0.065 < z < 5.46$ 。基于该样本, Shen 等人^[29]进一步测量了类星体的光谱性质, 包括 $H\alpha$ 、 $H\beta$ 等发射线流量和宽度, 并对每个类星体估算了中心黑洞的质量。类星体的热光度是利用光谱的拟合及热光度的改正 ($L5100$ ($z < 0.7$), $L3100$ ($0.7 \leq z \leq 1.9$), $L1350$ ($z \geq 1.9$)) 得到的^[33]。

星系群 (团) 的样本同样基于 SDSS 数据。Yang 等人^[34]基于暗晕模型^[35], 利用 SDSS DR7 ($0.01 < z < 0.2$) 星系光谱样本构建了星系群表。基于 SDSS DR7 测光数据, Hao 等人^[36]利用 GMBCG (Gaussian Mixture Brightest Cluster Galaxy Method) 方法 (基于 ECGMM^[37] 方法寻找最亮的团星系 (BCG), 配合星系的红序列 (颜色) 的方法得出星系团的范围) 选出了 55 000 个星系团, 红移范围是 $0.1 < z < 0.55$ 。此外, 我们还采用了 SDSS DR9^[38] 中 CMASS 样本, 选取恒星质量大于 $10^{11.0} M_\odot$ 的星系, 这些星系基本上是暗晕的中央星系, 红移范围是 $0.4 < z < 0.7$ 。

3 计算与分析

首先, 我们将类星体样本与 Yang 等人^[35]星系群表的中央星系进行坐标匹配。每个星系群由一个中央星系 (位于暗晕中央, 质量最大) 和若干个卫星星系组成。根据类星体和中央星系的距离及暗晕的大小, 可以初步判断类星体是否位于该星系团中。但由于星系自身运动导致红移测量的距离和实际距离之间有差别, 因此我们判断类星体是否在某个星系团中时, 考虑投影方向类星体与中央星系的距离是否在星系团内部, 以及在红移方向上我们限制类星体和中央星系的视向速度小于暗晕的视向速度弥散。暗晕的半径采用 180 倍的临界密度, 暗晕半径和暗晕质量的关系^[34]为:

$$r_{180} = 1.26 h^{-1} \cdot \text{Mpc} \left(\frac{M_h}{10^{14} h^{-1} \cdot M_\odot} \right)^{1/3} (1 + z_g)^{-1}, \quad (1)$$

其中 z_g 是星系群中心的红移, 星系群视向速度同样来自于 Yang 等人^[34]工作, 其利用 Maccio 等人^[39]的暗晕的聚集度来拟合暗晕中星系的速度弥散的公式^[40]:

$$\sigma = 397.9 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \left(\frac{M_h}{10^{14} h^{-1} \cdot M_\odot} \right)^{0.3214}. \quad (2)$$

这样匹配到 318 个类星体位于 Yang 等人的星系群中。

图 1 显示了匹配到的类星体的热光度和 Yang 等人星系群表^[34]给出的暗晕质量的关系。整体上, 类星体的热光度和平均暗晕的质量相关性很弱 (暗晕质量和类星体光度的皮尔逊相关系数为 0.39), 这和通过相关函数测出的结论是一致的^[16, 24]。在高光度段, 类星体的

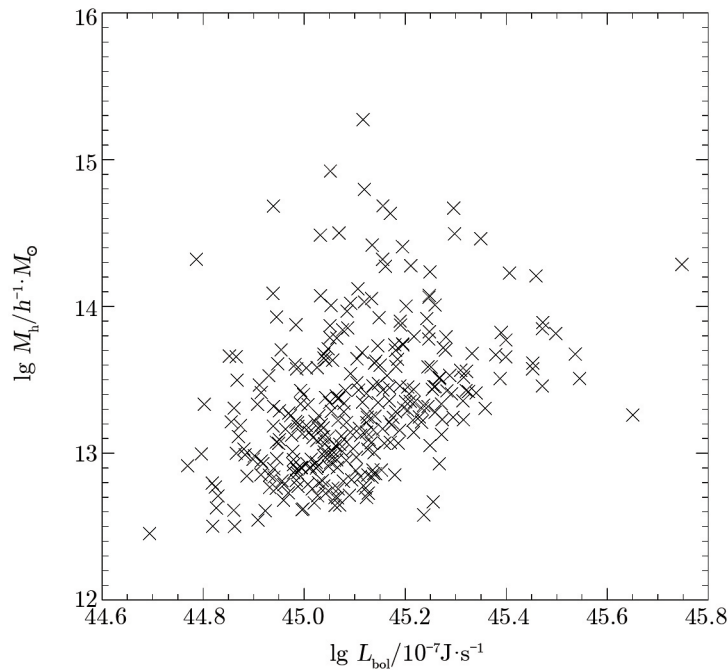


图 1 红移平均值为 0.1 的类星体热光度和暗晕质量的分布
暗晕质量来自于 Yang^[34] 等人的 SDSS DR7 星系群表。

暗晕质量相对集中在平均值附近, 而低光度段, 类星体暗晕的质量分布较广。质量大的暗晕中类星体的光度相对较小, 而小质量的暗晕中类星体光度分布较广。定性上看, 这和上述半解析模型给出的图像基本吻合; 但定量上看, 低红移处类星体所在的暗晕的平均质量约为 $10^{13.5} M_{\odot} \cdot h^{-1}$, 类星体所在的暗晕的质量相比半解析和相关函数给出的暗晕的质量偏高, 这主要是由于观测给出的暗晕质量都偏大。红移小于 0.2 的类星体有 525 个, 而匹配到星系群的数目有 318 个 (60.6%), 同时, Yang 等人指出利用他们的方法可以准确地选出超过 90% 的质量大于 $10^{12} M_{\odot} \cdot h^{-1}$ 的暗晕^[34], 未匹配的类星体所在的暗晕质量多数小于 $10^{12} M_{\odot} \cdot h^{-1}$, 因此所有类星体的平均暗晕质量将小于上面的结果。这符合半解析以及通过相关函数的观测得出的结果^[16]。另外, 由于我们采用的是斯隆的类星体的样本, 类星体的极限星等 ($i \approx 19.1 \text{ mag}, z < 3$) 相比 2SLAQ 的样本的 ($i \approx 21.63 \text{ mag}, z < 3$) 小, 这也可能是我们观测类星体的平均质量偏大的原因。由于大质量暗晕和高光度类星体的样本是完备的, 因此未匹配到的类星体不影响上面的主要结果, 最大质量暗晕中的类星体的热光度偏小, 进一步说明最高光度的类星体不在大的暗晕中^[12]。

进一步, 我们通过其他选星系群的方法对上述结果进行验证。Hao 等人^[36] 基于 SDSS DR7 测光的数据, 得出了星系团的信息。Hao 等人的星系团表中没有提供暗晕质量, 但提供了每个星系团的成员星系数目, 在观测上该参量经常被用于表征暗晕质量。我们利用一样的匹配标准 (投影方向上判断是否在星系群中, 视向方向速度小于 1000 km/s), 匹配了 Hao 等

人星系团表与 Shen 等人^[29]的类星体样本, 获得 64 个类星体。图 2 给出了这些类星体热光度与星系团成员数目的分布, 其中图 2 (a) 中的星系团成员数是直接观测的数目。由于选择星系数目的时候不同红移处选择红序列 (red sequence) 的颜色区间不同, Hao 等人对星系中成员数目做了加权修正, 基于加权的成员数目的结果显示在图 2 (b) 中。可以看到图 2 (a) 和 (b) 的结果是一致的。图 2 给出的结果和利用 Yang 等人的星系群给出的结果类似: 类星体的光度和所在暗晕的质量没有相关性 (图 2 (a) 的皮尔逊相关系数为 -0.18 , 图 2 (b) 的皮尔逊相关系数为 -0.12), 光度低的类星体所在的星系团星系数目 (表征暗晕质量) 分布较广, 而光度高的类星体所在的星系团星系数目 (表征暗晕质量) 相对集中且偏小。由于 Hao 等人没有提供暗晕质量的信息, 因此我们匹配 Hao 等人的星系团的中央星系和 Yang 等人的星系团的中央星系, 从而确定暗晕的质量和星系群中星系的数目关系。图 3 表示 Hao 等人的测得星系团的星系数目和 Yang 等人给出的暗晕质量的关系, 图 (a) 是星系团中星系数目和暗晕质量的关系, 图 (b) 反映了加权的星系数目和暗晕质量的关系。可以看出, Hao 等人选择的星系团的暗晕质量也较大 (匹配的一类星体暗晕多数大于 $10^{13} M_{\odot} \cdot h^{-1}$), 和上面的讨论一致, 多数未匹配的类星体所在的暗晕相对较小, 因此平均的暗晕质量将远小于匹配到类星体所在暗晕的质量。不过我们仍然看到大质量暗晕中的类星体光度相对小, 而且最高光度的类星体不在最大的暗晕中。通过对光谱和测光选取的低红移处星系团中类星体分布的检验, 我们发现类星体的热光度和所在的暗晕质量无关或关系很弱, 最高光度的类星体不在最大质量的暗晕中, 而低光度类星体所在暗晕的质量分布较广, 且大质量暗晕中的类星体的光度相对较小。

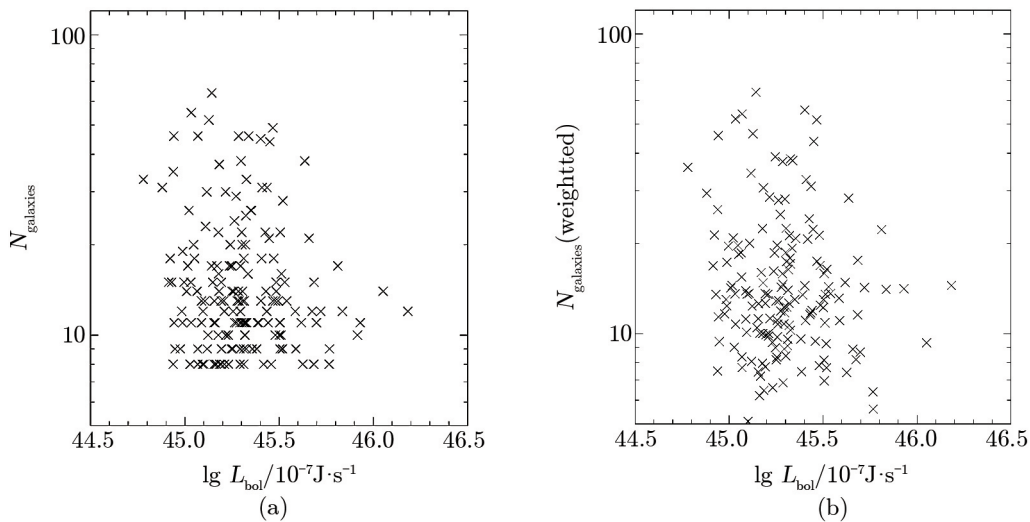


图 2 类星体热光度和星系团 (Hao 等人) 中星系数目的比较

图 (a) 反映了类星体光度和所在星系团内实际星系数目的比较; 图 (b) 反映了光度和星系团内加权星系数目的比较, 由于不同红移处选择红序列 (red sequence) 的颜色区间不同, 因此 Hao 等人对星系中成员数目做了加权修正。

接下来, 我们匹配了 SDSS DR9 的 CMASS 样本中大质量星系与类星体样本, 获得中等红移处的 214 个类星体。CMASS 数据并没有直接给出暗晕的质量, 但我们早已知道中央星

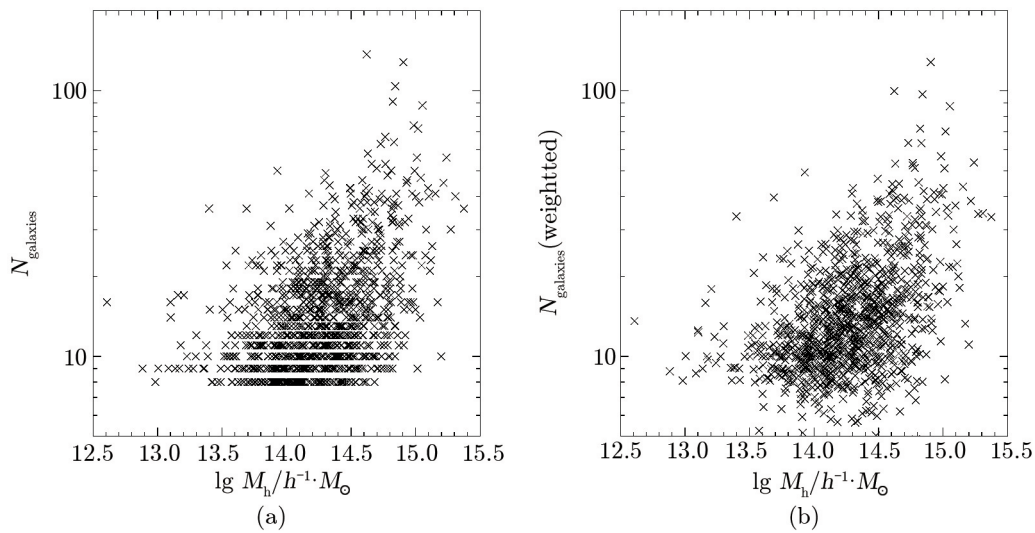


图 3 暗晕质量和星系团 (Hao 等人) 中星系数目的比较

暗晕质量是通过匹配 Hao 等人 and Yang 等人星系团的数据得到的。图 (a) 反映了暗晕质量和所在星系团内实际星系数目的比较; 图 (b) 反映了暗晕质量和星系团内加权星系数目的比较, 由于不同红移处选择红序列 (red sequence) 的颜色区间不同, 因此 Hao 等人对星系中成员数目做了加权修正。

系的恒星质量和暗晕的质量有很紧密的联系^[6, 41, 42], 之前的大量研究已经较为准确地获得了两者的关系式, 是一个具有双幂律形式^[43]、弥散度仅为 0.16 dex 的关系:

$$\frac{m(M)}{M} = 2 \left(\frac{m}{M} \right)_0 \left[\left(\frac{m}{M_1} \right)^{-\beta} + \left(\frac{m}{M_1} \right)^{\gamma} \right]^{-1}. \quad (3)$$

我们利用 Moster 等人^[6]提供的基于中红移 ($z \approx 0.5$) 的恒星质量和暗晕质量的关系给出暗晕的质量 ($\lg M_1 = 11.95$, $(m/M)_0 = 0.0254$, $\beta = 1.37$, $\gamma = 0.55$)。图 4 显示了 CMASS 中暗晕质量与类星体热光度的关系: 整体上类星体的热光度和暗晕质量没有相关性 (相关系数为 0.17), 类星体所在暗晕的质量分布较广, 进一步可以看出高光度类星体不在最大的暗晕质量中, 且大质量暗晕中类星体的热光度相对较小。同上述低红移的两个样本结果一样。Shen 等人^[24]利用同样的样本和星系做交相关函数分析了同样红移处类星体, 并利用暗晕占据数的模型得出所有类星体的平均暗晕质量为 $4 \times 10^{12} h^{-1} M_{\odot}$ 。对于这个红移段的样本, 我们选取的星系质量大于 $10^{11.0} M_{\odot}$, 对应的暗晕的质量也偏大 ($> 10^{13} M_{\odot}$), 因此上述结果主要是大质量暗晕中类星体的分布情况, 如果考虑到多数类星体处在质量相对小的暗晕中, 则类星体所处的暗晕质量将减小, 这和观测结果将一致。不过上述主要结果是不变的, 大质量暗晕中类星体的光度相对较小, 且光度高的类星体并不在质量最大的暗晕中, 类星体所在的暗晕质量分布较广, 这和 Shen 等人^[24]的结果是一致的。

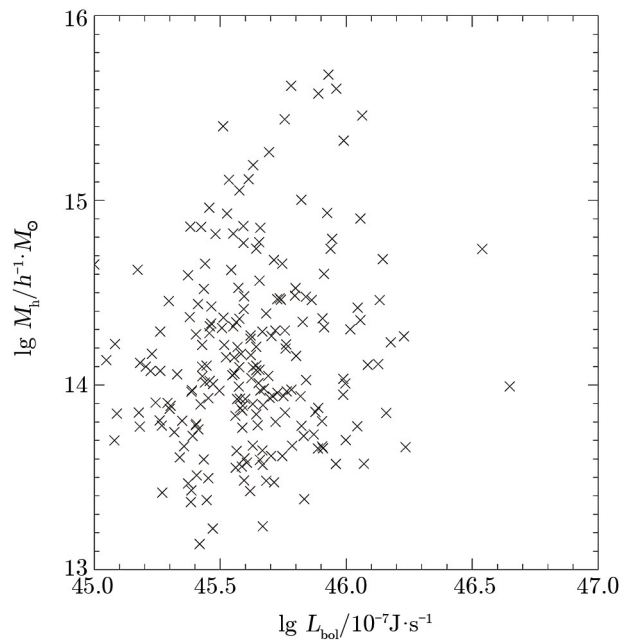


图 4 类星体热光度和暗晕质量的比较

星系团的信息来自于 SDSS DR9 中 CMASS 的数据。暗晕质量根据 Moster 等人^[6]给出的恒星质量和暗晕质量的关系得到。

4 总结和展望

利用 SDSS 的类星体样本、低红移的两个星系群 (团) 样本以及中红移的大质量星系 (中央星系) 样本, 本文研究了类星体的热光度与所在暗晕质量的统计关系, 发现: (1) 在大质量暗晕中, 类星体所在暗晕的质量与热光度相关性很弱, 类星体所在暗晕的质量分布较广; (2) 进一步证实最亮的类星体并非居于最大质量的暗晕中。

从低红移到中等红移的类星体和所在暗晕质量的关系对比来看, 不同热光度类星体所在的暗晕平均质量与类星体光度的相关性很弱, 这和通过相关函数看到的结果一致^[16, 24]。说明类星体的热光度和所在环境的关系很弱, 主要可能与黑洞的质量或和黑洞的吸积率相关, 因此类星体的光度不能用于追踪暗晕的分布。观测上发现类星体所在的暗晕质量分布较广, 这也和利用暗晕占据数模型的结果一致^[24]。

半解析理论预言最亮的类星体位于小质量的暗晕里, 且大质量暗晕中类星体的光度相对较小, 这我们的观测结果一致。但是理论上预言, 通过类星体模式形成的类星体主要在小质量的暗晕中, 射电模式形成的活动星系的暗晕质量分布较大, 因此在活动星系的热光度和暗晕质量的图上呈现两极分布, 而我们的观测并没有给出明显的两极分布, 这可能是观测上给出的暗晕质量都偏大, 因此有部分在小质量暗晕的类星体的缺失, 无法呈现出两极分布。另外, 半解析模型预言的射电模式的活动星系光度和暗晕质量之间的强相关性, 在类星体光度和暗晕关系上并没有明显的迹象。原因有可能是样本较小, 暗晕数目不多, 造成该种模式

的类星体样本小, 统计效果不强, 以及暗晕质量的观测估算仍有较大不确定性, 造成统计上有较大弥散度, 某种程度上掩盖了射电模式的类星体光度和暗晕的强相关性; 另外一个重要原因是由于光学选择的类星体并不能有效地探测到此类活动星系^[44, 45], Best 等人^[46]统计了射电活动星系中高激发射电星系 (类星体模式) 和低激发射电星系 (射电模式) 的光度函数 (原文图 4), 发现射电星系中类星体模式的比例很低 (虽然光度函数和射电强度有关, 但整体上是低激发射电星系主导)。因此, 通过上述类星体光度和暗晕质量的关系不能给出活动星系和所在暗晕的关系。

本文是我们对类星体的光度和暗晕统计分析的初步结果, 下一步工作包括: (1) 基于数值模拟和半解析模型构建类星体的模拟巡天, 分析观测样本的选择效应对结果的影响; (2) 利用更新的数据扩大星系群 (团) 表; (3) 利用 DEEP2、COSMOS、GOODS 等数据将该研究推向更高红移; (4) 加入射电星系以考虑活动星系和所在暗晕的关系。

致谢

感谢审稿人的审阅和建议, 感谢上海天文台李成老师和顾敏峰老师的讨论和建议。

参考文献:

- [1] White S D M, Rees M J. MNRAS, 1978, 183: 341
- [2] Springel V, White S D M, Jenkins A, et al. Nature, 2005, 435: 629
- [3] Li C, White S D M. MNRAS, 2009, 398: 2177
- [4] Bernardi M, Shankar F, Hyde J B, et al. MNRAS, 2010, 404: 2087
- [5] Guo Q, White S, Li C, et al. MNRAS, 2010, 404: 1111
- [6] Moster B P, Somerville R S, Maubetsch C, et al. ApJ, 2010, 710: 903
- [7] Zolotov A, Brooks A M, Willman B, et al. ApJ, 2012, 761: 71
- [8] Croton D J, Springel V, White S D M, et al. MNRAS, 2006, 365: 11
- [9] Bower R G, Benson A J, Malbon R, et al. MNRAS, 2006, 370: 645
- [10] Cattaneo A, Dekel A, Devriendt J, et al. MNRAS, 2006, 370: 1651
- [11] Kormendy J, Richstone D. ARA&A, 1995, 33: 581
- [12] Fanidakis N, Macciò A V, Baugh C M, et al. MNRAS, 2013, 436: 315
- [13] Osmer P S. ApJ, 1981, 247: 762
- [14] Shaver P A. A&A, 1984, 136: L9
- [15] Croom S M, Shanks T. MNRAS, 1996, 281: 893
- [16] Croom S M, Boyle B J, Shanks T, et al. MNRAS, 2005, 356: 415
- [17] Shen Y, Strauss M A, Oguri M, et al. AJ, 2007, 133: 2222
- [18] Myers A D, Brunner R J, Nichol R C, et al. ApJ, 2007, 658: 85
- [19] York D G, Adelman J, Anderson J E, JR., et al. AJ, 2000, 120: 1579
- [20] Porciani C, Magliocchetti M, Norberg P. MNRAS, 2004, 355: 1010
- [21] Myers A D, Brunner R J, Richards G T, et al. ApJ, 2006, 638: 622
- [22] Myers A D, Brunner R J, Richards G T, et al. ApJ, 2007, 658: 99
- [23] Shen Y, Strauss M A, Ross N P, et al. ApJ, 2009, 697: 1656
- [24] Shen Y, McBride C K, White M, et al. ApJ, 2013, 778: 98
- [25] Kaiser N. ApJ, 1984, 284: L9
- [26] Bardeen J M, Bond J R, Kaiser N, et al. ApJ, 1986, 304: 15
- [27] da Ángela J, Shanks T, Croom S M, et al. MNRAS, 2008, 383: 565

- [28] Hennawi J F, Strauss M A, Oguri M, et al. *AJ*, 2006, 131: 1
- [29] Shen Y, Richards G T, Strauss M A, et al. *ApJS*, 2011, 194: 45
- [30] Schneider D P, Richards G T, Hall P B, et al. *AJ*, 2010, 139: 2360
- [31] Abazajian K N, Adelman-McCarthy J K, Agüeros M A, et al. *ApJS*, 2009, 182: 543
- [32] Richards G T, Fan X, Newberg H J, et al. *AJ*, 2002, 123: 2945
- [33] Richards G T, Strauss M A, Fan X, et al. *AJ*, 2006, 131: 2766
- [34] Yang X, Mo H J, van den Bosch F C, et al. *ApJ*, 2007, 671: 153
- [35] Yang X, Mo H J, van den Bosch F C, et al. *MNRAS*, 2005, 356: 1293
- [36] Hao J, McKay T A, Koester B P, et al. *ApJS*, 2010, 191: 254
- [37] Hao J, Koester B P, McKay T A, et al. *ApJ*, 2009, 702: 745
- [38] Ahn C P, Alexandroff R, Allende Prieto C, et al. *ApJS*, 2012, 203: 21
- [39] Macciò A V, Dutton A A, van den Bosch F C, et al. *MNRAS*, 2007, 378: 55
- [40] van den Bosch F C, Norberg P, Mo H J, et al. *MNRAS*, 2004, 352: 1302
- [41] Mandelbaum R, Seljak U, Kauffmann G, et al. *MNRAS*, 2006, 368: 715
- [42] Li C, Wang L, Jing Y P. *ApJ*, 2013, 762: L7
- [43] Yang X, Mo H J, van den Bosch F C. *MNRAS*, 2003, 339: 1057
- [44] Singal J, Petrosian V, Stawarz L, et al. *ApJ*, 2013, 764: 43
- [45] Donoso E, Li C, Kauffmann G, et al. *MNRAS*, 2010, 407: 1078
- [46] Best P N, Heckman T M. *MNRAS*, 2012, 421: 1569

The Statistic Relation Between Quasars and Dark Matter Halos

WANG Li-xin

(Key Laboratory for Research in Galaxies and Cosmology, Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030, China)

Abstract: AGN feedback is an important process in the galaxies forming theory, which is related to the mass of the dark matter halo where the galaxy dwell in and the accretion rate of the black hole in the center of the galaxy. There are two modes of the AGN feedback in the semi analysis model: radio mode and quasar mode. The former mainly takes place in the massive dark matter halos, and the later mainly takes place in the low-mass dark matter halos. We use the largest quasar sample and group catalogs which are all extracted from the SDSS observation to study the relation between the quasars and dark matter halos. The preliminary results show that the bolometric luminosity of quasars is independent of the halo mass which is consistent with the previous results and quasars reside in a broad range of host halos, We further prove that the most luminous quasar do not live in the most massive halo.

Key words: quasars; dark matter halos; galaxy formation