

星系群中活动星系核的比例研究*

陈 茜¹ 闫鹏飞^{1,2} 李 峰^{1,3} 袁启荣^{1†}

(1 南京师范大学物理科学与技术学院 南京 210023)

(2 青岛科技大学数理学院 青岛 266061)

(3 常州大学数理学院 常州 213164)

摘要 相对于大量X射线辐射显著而无光学发射线的活动星系核(AGN), 已被光谱证认了的X射线选AGN可能尚处于黑洞显著增长的高吸积率演化阶段, 因而具有明显的光学发射线特征. 利用COSMOS(Cosmological Evolution Survey)天区深场多波段测光和光谱数据, 在红移范围为 $0.1 < z < 1.0$ 的星系群成员星系样本中寻找具有光学发射线特征的X射线选AGN. 研究发现, 星系群中的绝大多数这类AGN(约96%)是窄发射线AGN, 星系群中AGN比例普遍低于1%, 且随着红移有微弱的上升趋势.

关键词 星系: 群; 普通, 星系: 活动, 星系: 统计, X射线: 星系

中图分类号: P157; **文献标识码**: A

1 引言

活动星系核(Active Galactic Nucleus, 简称AGN)在星系形成和演化中起着不可或缺的作用. 许多证据表明, 超大质量黑洞的生长和星系中恒星形成之间存在着共同演化和物理联系^[1-2]. 最显著的表现是, 星系中的AGN和恒星形成活动从 $z \sim 2$ 到现在具有相似的演化速率^[3-6]. 星系中心超大质量黑洞的质量与核球的速度弥散之间存在着相关性, 也支持共同演化模型^[7-9]. 被普遍接受的观点是, 最亮的AGN和星暴活动是由富含气体的星系主并合触发的^[10-12]. 许多其他机制(例如大尺度棒结构、引力势中微弱的非轴对称变化、次并合、盘的不稳定性、星际介质中的湍流等等^[13-16])被提出, 用来转移角动量, 并以较低效率供燃(fuel)恒星形成活动和黑洞增长.

众所周知, 冷气体是星系中心黑洞的主要供燃来源^[2]. 相比于场环境而言, 星系团环境存在着一些附加的物理过程(例如冲压(ram-pressure)剥离^[17]、热的星际介质蒸发^[18]、星系与星系团引力势阱的潮汐效应^[19-22]、缺乏冷气汇入导致的气体饥荒(starvation)^[23]等等), 这些物理过程会影响冷气体的存在和运输过程, 被用来解释星系团中缺乏亮的恒星形成星系、缺少冷气体库、存在大比例的相对宁静的早型星

2014-12-29收到原稿, 2015-03-24收到修改稿

*国家自然科学基金项目(11173016, 11433005)及高等学校博士学科点专项科研基金项目(20133207110006)资助

[†]yuanqirong@njnu.edu.cn

系^[24–27]等观测事实. 星系团环境中的AGN分布可以为研究供燃过程随着光度和吸积率的变化情况, 以及黑洞和星系共同演化提供额外的观测限制. 因此, 开展星系团内AGN的统计研究, 可以对团内星系的中心超大质量黑洞的增长、AGN的供燃机制, 以及AGN对团内介质的长期影响等方面给出重要的线索^[1].

根据Butcher-Oemler效应^[28–29]以及星系内恒星形成与黑洞吸积之间的密切联系, 可以预言高红移星系团内应包含更多比例的AGN. 早在1983年, Dressler等^[30]在高红移星系团3C295($z = 0.46$)中发现了3个AGN, 预示着上述预言正确. 随着X射线卫星Chandra的发射, 其在遥远星系团中观测到了点源, 后续的光谱观测表明, 这些点源与星系团成员星系成协^[31–32]. Eastman等^[33]对4个高红移($z > 0.5$)星系团和10个低红移($z < 0.32$)星系团开展了对比研究, 发现高红移星系团包含AGN (在硬X射线波段的光度满足 $L_{X,H} > 10^{43} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1}$)的亮星系(即R波段绝对星等 $M_R < -20 \text{ mag}$)比例高出了1个数量级, 这是第1个表明星系团中AGN比例随红移增长的显著定量证据. 随后的一些研究利用射电光度、中红外色指数、X射线光度等不同选择判据获得AGN样本, 研究了星系团中不同截止光度下的AGN比例随红移的演化^[1–2, 34–36].

根据AGN吸积过程演化模型, AGN活动性初始由星系并合触发, 随后进入到高吸积率且光学辐射为主的薄盘吸积阶段, 该阶段的AGN具有发射线光谱. 当吸积率随着时间逐渐下降后, AGN逐步进入一个以X射线辐射为主的演化阶段, 此时的AGN光学辐射很弱, 且光学光谱中没有显著的发射线特征^[35]. 因此, 光学选和X射线选AGN可能是处于不同演化阶段的同一类AGN. 本文将利用COSMOS天区中红移覆盖范围为 $0 < z < 1.0$ 的星系群成员星系样本, 对已被光谱证认了的X射线选AGN的比例进行交叉证认, 研究这类具有光学发射线的X射线选AGN在星系群中的比例, 重点探讨该比例随红移的演化趋势.

2 研究样本

2.1 AGN样本

COSMOS天区是哈勃空间望远镜针对赤道附近2平方度天区的多波段巡天, 旨在揭示宇宙大尺度结构、星系、恒星形成及其与AGN之间的演化联系. 计划探测 2×10^6 个星系和活动星系核, 对点源I波段曝光的深度为 $I_{AB} = 28$, 对星系的截止星等为 $I_{AB} = 26$. 地面和空间的主要观测设备拍摄了具有高分辨的图像和光谱, 其波长范围覆盖了X射线、紫外、光学、近红外、中红外和射电波段(详见<http://cosmos.astro.caltech.edu/>).

本文采用的AGN样本来源于COSMOS天区的XMM-Newton巡天观测. Brusa等^[37]对XMM-Newton发现的X射线点源进行了光学证认. XMM-Newton探测了1848个X射线点源, 其中26个源出现在文献[38]的XMM弥散源列表中, 因此被剔除. 剩下的源中有25个源的像是模糊的, 也被剔除. 最后在XMM-COSMOS样本里包含1797个X射线点源, 其中有流量限制(X射线软、中、硬3个波段的流量下限分别为 $\sim 5 \times 10^{-16}$, $\sim 3 \times 10^{-15}$, $\sim 7 \times 10^{-15} \text{ erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)且被光学光谱证认为AGN的共有730个, 其中403个($\sim 55\%$)是宽线AGN, 占大多数, 而窄线AGN有327个.

2.2 星系群中的成员星系样本

George等^[39]研究了COSMOS巡天中被证认为X射线展源的星系群^[38]. 根据微引力透镜效应, Leauthaud等^[40]得到这些星系群的晕质量的范围 $10^{13} \leq M_{200}/M_{\odot} \leq 10^{14}$, 其中 M_{200} 是指在位力半径 R_{200} 内的晕质量, 定义为 $M_{200} \equiv 200\rho_c(z)(4\pi/3)R_{200}^3$, $\rho_c(z)$ 是红移为 z 时刻的宇宙临界密度. 在文献[38]中星系群表的基础上, 根据更高精度红移测量, George等^[39]补充证认了一些更暗的X射线展源, 最终的星系群表一共包含了211个X射线延展源, 分布在1.64平方度的天区, 红移范围为 $0 < z < 1$, 在0.1-2.4 keV内的X射线光度满足 $41.3 < \lg(L_X/(\text{erg} \cdot \text{s}^{-1})) < 44.1$. 其中的165个X射线展源有明确的光学对应体, 已被光学光谱观测确认为星系群.

基于30个波段的COSMOS天区深场测光数据, Ilbert等^[41]对所有满足 $I_{AB} < 25$ 的星系的光谱能量分布进行了 χ^2 模板拟合, 获得了星系的测光红移. 对于 $I_{AB} < 24$ 且 $z < 1.2$ 的星系样本, 测光红移精度为 $\sigma_{\Delta z}/(1+z) = 0.012$. 基于上述星系群样本和星系的测光红移估计, George等^[39]采用了一种严格的Bayesian概率分析算法, 对所有满足F814W波段的星等亮于24.2 mag, 且在 3σ 显著度水平上在 K_s 波段被探测到(对应的典型极限星等为 $K_s = 24$)的星系计算其群成员概率(P_{mem}). 任何群成员选择判据都难免会混入一定比例的错选和漏选的成员星系. 他们利用具有光谱红移(z_{spec})的星系子样本, 对由于测光红移(z_{phot})的不确定性导致的成员污染和不完备性进行了检验. 群成员星系样本的纯度(p)和完备度(c)分别定义如下:

$$p = (N_{\text{selected}} - N_{\text{interlopers}})/N_{\text{selected}}; \quad c = (N_{\text{true}} - N_{\text{missed}})/N_{\text{true}},$$

其中 N_{selected} 为选择的星系群成员数, $N_{\text{interlopers}}$ 为错选的成员数, N_{true} 为真实的成员数, N_{missed} 为漏选的成员数. 当然, $N_{\text{selected}} - N_{\text{interlopers}} = N_{\text{true}} - N_{\text{missed}}$, 均表示选择到的真实成员数, 由此可得 $N_{\text{true}}/N_{\text{selected}} = p/c$.

群成员星系样本的纯度(p)和完备度(c)与群成员概率(P_{mem})阈值的选取密切相关: P_{mem} 阈值越高, 群成员星系样本的纯度越高, 但完备度越低. 当 $P_{\text{mem}} > 0$ 时, 成员星系样本的纯度不高($p < 0.60$), 但完备度高($c \sim 0.98$). 当 $P_{\text{mem}} > 0.5$ 时, 样本纯度 $p = 0.69$, 完备度 $c = 0.92$, 在纯度和完备度上达到了一个较好的平衡.

2.3 星系群成员AGN样本

一旦给定了成员概率阈值, 即可获得群成员星系样本, 然后将上述被光谱证认了的X射线选AGN样本(含730个AGN)与之进行交叉证认. 通过二者的坐标和红移值, 可以毫无悬念地证认出群成员星系中的AGN, 并获得该AGN隶属于哪个星系群. 由于George等^[39]在估计星系群成员概率时使用的是测光红移估计值, 如果AGN的光谱红移与测光红移偏差太大, 该AGN的群成员概率则不可信. 根据文献[39]中定义, 当星系的投影距离超过 $3r_{200}$, 且红移之差 $|z_{\text{AGN}} - z_{\text{group}}|/(1+z_{\text{group}}) > 0.01$ 时则不属于该星系群. 对于 $z=1$ 的星系群, 红移之差要求不超过0.02. 实际操作中, 我们要求与AGN匹配的星系位置偏离在 $1''$ 以内, 而且星系的测光红移与AGN的光谱红移之差小于 $0.01(1+z_{\text{group}})$. 为了考查后续的AGN比例统计对选取的成员概率阈值的选择效应, 我们指定了3种成员星系概率阈值(即0.1、0.3、0.5), 分别获得了3个成员星系样本.

图1给出了AGN和群成员星系的成员概率(P_{mem})分布情况. 可以看出, 星系和AGN的概率峰值均出现在 $0.8 < P_{\text{mem}} < 0.9$ 范围内. 在 $0.1 < P_{\text{mem}} < 0.5$ 范围内, 没有发现群成员AGN, 而星系保持均匀的概率分布. 在群成员星系中证认出了27个AGN, 其成员概率值(P_{mem})普遍比较大, 集中在 $0.7 < P_{\text{mem}} < 1.0$. 群成员AGN的另一个显著特征是, 这些AGN中只有1个宽线AGN, 其余的都是窄线AGN. 考虑到AGN整体样本(即在2.1节中提及的730个已光谱证认的X射线选AGN)中有半数以上是宽线AGN, 这说明星系群环境下存在窄线AGN的概率更高.

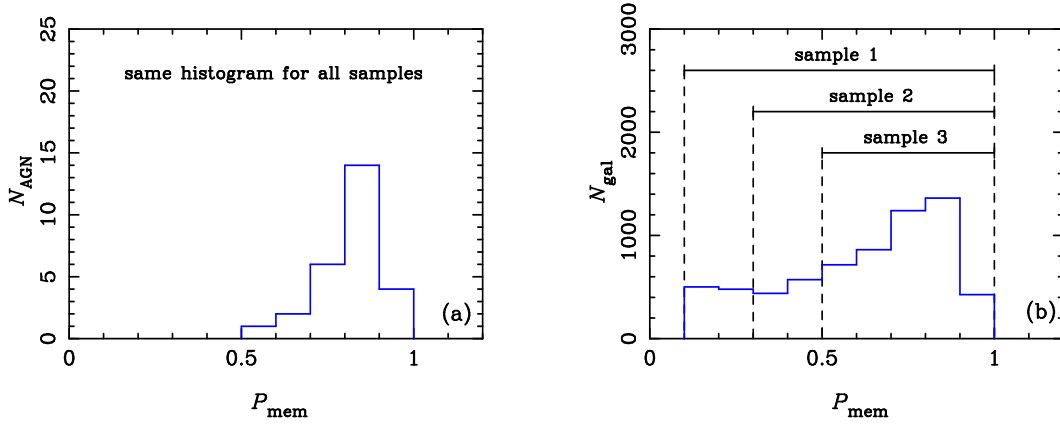


图 1 星系群成员AGN和星系的成员概率(P_{mem})分布

Fig. 1 The distribution of membership probability (P_{mem}) for the AGNs and galaxies in groups

表1给出了3种概率阈值条件下分别获得的成员星系样本和成员AGN样本的统计性质, 包括了样本的纯度、完备度、成员星系和AGN计数、平均AGN比例等参数. 显然, 随着概率阈值的上升, 满足条件的群成员星系数目明显减少, 但成员AGN的数目基本不变, 导致样本整体上的平均AGN比例增加.

表 1 3个星系群中星系和AGN样本的参数

Table 1 The parameters for three samples of galaxies and AGNs in groups

No. of samples	P_{mem} Threshold	Number of groups	Number of AGNs	Number of galaxies	p	c	Mean f_{AGN} / (%)
1	0.1	26	27	6597	0.63	0.97	0.41 ± 0.10
2	0.3	26	27	5617	0.67	0.94	0.48 ± 0.11
3	0.5	26	27	4606	0.69	0.92	0.59 ± 0.13

图2分别给出了3个群成员星系样本中AGN和星系计数随红移的分布情况. 成员星系和AGN的红移峰值均出现在 $0.3 < z < 0.4$ 范围内. 随着成员概率阈值的抬升, 成员星系样本的数目下降, 但其沿测光红移(z_{phot})的分布基本维持不变. 我们任选两个样本分别进行了Kolmogorov-Smirnov检验, 表明这些样本的红移分布高度一致, 检验显著性水平平均超过了86%.

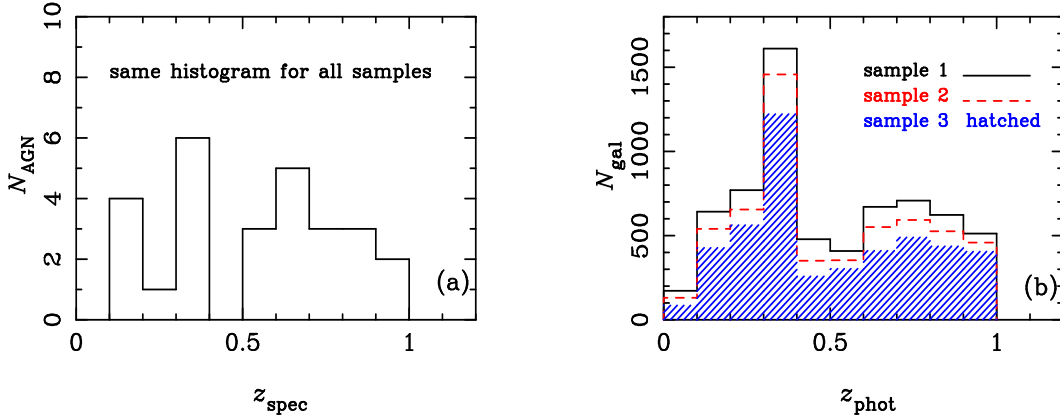


图 2 星系群成员AGN和星系的计数随红移的分布

Fig. 2 The distribution of redshifts for three samples of AGNs and galaxies in groups

3 星系群中成员AGN比例统计

3.1 星系群中AGN比例估计

由于星系群中成员AGN样本是通过AGN样本与群成员星系样本交叉认证而来, 成员星系样本的纯度(p)和完备度(c)必然会传递给群成员AGN样本. 对于给定的成员概率阈值, 设某星系群中的AGN和星系的计数分别为 N_{AGN} 和 N_{gal} , 则AGN比例 $f_{\text{AGN}} = N_{\text{AGN}}/N_{\text{gal}}$. 假设成员AGN样本与成员星系样本的纯度和完备度完全相同, 样本中真正AGN和星系的数目应该乘以一个相同的修正因子(p/c), 则 f_{AGN} 仍然不变. 通常情况下, 星系和AGN计数可视为泊松变量. 考虑计数修正后, AGN比例(f_{AGN})尽管不变, 但其误差值将放大 $\sqrt{c/p}$ 倍.

COSMOS天区中满足 $z < 1.0$ 和 $P_{\text{mem}} > 0.1$ 的X射线选星系群有198个, 只在其中的26个星系群中发现了AGN的存在, 我们计算了这26个星系群中的AGN比例及其误差. 图3是这些星系群中的AGN比例随AGN光谱红移(z_{spec})的分布, 图中给出了线性拟合的斜率($\Delta f_{\text{AGN}}/\Delta z$)和Pearson相关系数(r_s). 可以看出, 3个样本的 f_{AGN} 随着红移都有非常微弱的上升趋势, 其线性相关系数也很低. 对3个样本中26个星系群的群成员AGN比例进行biweight统计, 其biweight位置分别是 $3.5(\pm 0.6)\%$ 、 $4.5(\pm 0.9)\%$ 、 $4.6(\pm 1.2)\%$, 表明在这些星系群($z < 1$)的平均AGN比例低于5%.

3.2 星系群成员AGN比例随红移的演化

我们注意到, 在198个满足 $z < 1$ 和 $P_{\text{mem}} > 0.1$ 的星系群中, 只在26个星系群中发现了AGN, 大部分星系群中并没有发现AGN. 对于某个没有发现AGN的星系群, 假设其成员星系数目是 N_{gal} , 则有 $f_{\text{AGN}} < 1/N_{\text{gal}}$. 当我们对给定红移区间内的星系群样本的AGN比例进行整体估计时, 这些没有发现AGN的星系群无疑也应该包括在统计样本内.

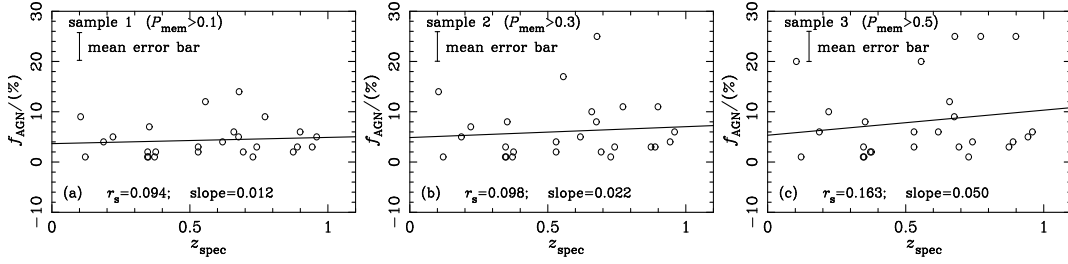


图 3 26个至少包含1个AGN的星系群中的AGN比例与红移的关系

Fig. 3 The AGN fraction as a function of redshift for these 26 groups containing at least one AGN

我们将 $z < 1$ 的星系群分成10个红移区间, 每个区间的红移宽度为 $\Delta z = 0.1$. 通过对各红移区间内的星系群成员星系和AGN进行计数, 我们获得了星系群中AGN比例随红移的演化趋势. 如图4所示, 对于3个群成员星系样本, AGN比例随红移都表现出了微弱的上升趋势, 其最佳线性拟合的斜率约0.004 5, 并且其Pearson相关系数非常一致, 处在0.35至0.40之间.

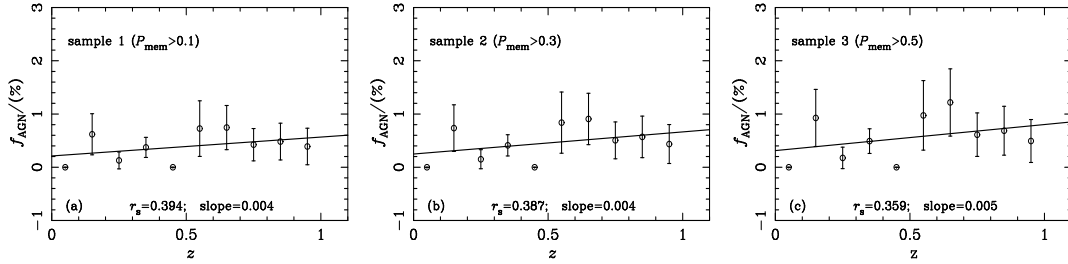


图 4 3个星系群成员样本中整体AGN比例随红移的关系

Fig. 4 The overall AGN fraction as a function of redshift for three samples of group galaxies

由于星系群中AGN数目有限, 如果红移间隔 Δz 过小, 可能会造成有些红移区间中AGN比例为零, 导致较大的统计不确定性. Martini等^[1]统计了星系团样本中的亮AGN(即X射线光度 $L_{X,H} > 10^{43} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1}$)的比例. 他们在17个低红移($z < 0.4$)星系团中只发现了2个AGN, 整体AGN比例只有0.134%. 同时, 他们在15个高红移($z > 0.4$)的星系团中找到了18个亮AGN, AGN比例有了显著提高, 达到了1%. 类似地, 我们也将COSMOS天区星系群成员星系样本分成低红移($z < 0.5$)和高红移($0.5 < z < 1.0$)两个子样本, 分别计算两个子样本的AGN比例. 对于样本1(即满足 $P_{\text{mem}} > 0.1$), 低红移子样本的AGN比例为 $0.30(\pm 0.11)\%$, 高红移子样本的AGN比例为 $0.55(\pm 0.17)\%$, 显示出 f_{AGN} 随红移增加的趋势. 对于样本2(即满足 $P_{\text{mem}} > 0.3$), 有 $f_{\text{AGN}}(z < 0.5) = 0.35(\pm 0.13)\%$, $f_{\text{AGN}}(0.5 < z < 1.0) = 0.64(\pm 0.19)\%$. 对于样本3(即满足 $P_{\text{mem}} > 0.5$), 有 $f_{\text{AGN}}(z < 0.5) = 0.43(\pm 0.15)\%$, $f_{\text{AGN}}(0.5 < z < 1.0) = 0.78(\pm 0.23)\%$. 随着成员概率阈值的上升, AGN比例随红移增加的趋势更加显著. 当然, 该结论不能排除选择效应的影响. 从图2右图可以看出, 成员星系的红移分布在 $0.3 < z < 0.4$ 出现峰值, 暗示COSMOS场在此红移处有较大的结构. 根据Oh等^[34]的研究成果, 星系团中的AGN比

例低于星系群中的比例. 根据Finoguenov等^[38]的X射线选星系团表, 在 $z < 0.1$ 和 $z \sim 0.4$ 处确有星系团的存在. 一方面星系团的AGN比例较低, 另一方面星系团的成员星系数目更大, 最终将导致在 $z < 0.5$ 区间内的平均AGN比例显著降低.

Tomczak等^[36]对 $0 < z \leq 1.3$ 的大质量星系团中的中红外选AGN进行了比例研究. 他们利用Spitzer IRAC (3.6, 4.5, 5.8和8.0 μm) 4个波段的测光数据, 发现有949个团成员星系至少在3个波段被探测到, 并通过双色图搜索出了其中的12个中红外选AGN, 因此在 $z < 1$ 的中红外选AGN比例为 $f_{\text{AGN}} \sim 1\%$. 他们将成员星系样本分成低红移($z < 0.5$)和高红移($0.5 < z < 1.0$)两个区间, 发现其比例基本相同, 均小于1%, 没有发现中红外选AGN比例随红移增加的趋势. 有趣的是, 他们在一个高红移($z = 1.24$)星系团中发现中红外选AGN的比例竟然高达 $\sim 15\%$.

Martini等^[2]估计了13个大质量($M \geq 10^{14} M_{\odot}$)高红移($1 < z < 1.5$)星系团中AGN的比例. 所有团星系亮于 $M_{3.6}^*(z) + 1$ ($M_{3.6}$ 表示根据3.6 μm 波段估计出的恒星质量), X射线选AGN的硬X射线光度亮于 $L_{\text{X,H}} > 10^{44} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1}$. 作者估算星系团中AGN比例在 $1 < z < 1.5$ 时是 $f_{\text{AGN}} = 3.0^{+2.4}_{-1.4}\%$, 是 $z \sim 0.25$ 处相似光度AGN比例的30倍, 并且比 $z \sim 0.75$ 处的AGN比例高1个数量级. Oh等^[34]利用Chandra数据研究AGN的出现率和性质. 他们的X射线选星系群样本中包含16个星系群, 红移为 $0.5 < z < 1.1$, 质量范围为 $10^{12.7} \sim 10^{14.5} M_{\odot}$. 成员星系红移要求落在星系群平均红移的3倍速度弥散内, 测出高红移($\bar{z} \sim 0.74$)星系群中的AGN比例是低红移星系群的3倍.

与前人的统计工作相比, 本文获得的AGN比例均小于1%, 这是因为我们选择AGN的条件比较苛刻, 不仅对其X射线流量有限制, 而且要求已经被光学光谱证认(即具有发射线光谱特征), 这意味着这些AGN处在高吸积率且光学辐射为主的演化阶段. Oh等^[34]在25个满足 $L_{\text{X,H}} > 10^{41} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1}$ 的X射线选AGN中只发现了4个发射线AGN. 根据AGN吸积过程演化模型, 只有进入到高吸积率(即薄盘吸积)演化阶段, 此时的AGN活动性将以光学辐射为主, 具有显著的发射线光谱. 经过一段时期后, 随着吸积率的下降, AGN的光学辐射趋弱, 其光学发射线特征逐渐消失, 进入到以X射线辐射为主的演化阶段^[35]. 因此, 不同的AGN选择判据对应着不同演化阶段的AGN, 其在星系群中的比例自然会有所区别.

4 结论

本文用COSMOS天区深场多波段测光和光谱数据, 在红移范围为 $0.1 < z < 1.0$ 的星系群成员星系样本中寻找已被光谱证认了的X射线选活动星系核. 研究发现, 星系群成员AGN中绝大多数(约96%)是窄发射线AGN. 当选取不同的星系群成员概率阈值时, 星系群中AGN比例普遍低于1%. 将成员星系样本分成低红移($z < 0.5$)和高红移($0.5 < z < 1.0$)两个子样本, 发现AGN比例有显著的随红移增加的趋势. 当红移区间 $\Delta z = 0.1$ 时, AGN比例仍然表现出微弱的随着红移增加的趋势.

参 考 文 献

- [1] Martini P, Sivakoff G R, Mulchaey J S. ApJ, 2009, 701: 66
- [2] Martini P, Miller E D, Brodwin M, et al. ApJ, 2013, 768: 1
- [3] Boyle B J, Georgantopoulos I, Blair A J, et al. MNRAS, 1998, 296: 1
- [4] Franceschini A, Hasinger G, Miyaji T, et al. MNRAS, 1999, 310: L5
- [5] Merloni A, Rudnick G, Di Matteo T. MNRAS, 2004, 354: L37
- [6] Silverman J D, Green P J, Barkhouse W A, et al. ApJ, 2008, 679: 118
- [7] Ferrarese L, Merritt D. ApJ, 2000, 539: L9
- [8] Gebhardt K, Bender R, Bower G, et al. ApJ, 2000, 539: L13
- [9] Tremaine S, Gebhardt K, Bender R, et al. ApJ, 2002, 574: 740
- [10] Sanders D B, Soifer B T, Elias J H, et al. ApJ, 1988, 325: 74
- [11] Barnes J E, Hernquist L E. ApJ, 1991, 370: L65
- [12] Hopkins P F, Hernquist L, Cox T J, et al. ApJS, 2006, 163: 1
- [13] Simkin S M, Su H J, Schwarz M P. ApJ, 1980, 237: 404
- [14] Elmegreen B G, Elmegreen D M, Brinks E, et al. ApJ, 1998, 503: L119
- [15] Genzel R, Burkert A, Bouché N, et al. ApJ, 2008, 687: 59
- [16] Hopkins P F, Quataert E. MNRAS, 2011, 415: 1027
- [17] Gunn J E, Gott III J R. ApJ, 1972, 176: 1
- [18] Cowie L L, Songaila A. Nature, 1977, 266: 501
- [19] Farouki R, Shapiro S L. ApJ, 1981, 243: 32
- [20] Merritt D. ApJ, 1983, 264: 24
- [21] Richstone D O. ApJ, 1976, 204: 642
- [22] Moore B, Katz N, Lake G, et al. Nature, 1996, 379: 613
- [23] Larson R B, Tinsley B M, Caldwell C N. ApJ, 1980, 237: 692
- [24] Gisler G R. MNRAS, 1978, 183: 633
- [25] Dressler A. ApJ, 1980, 236: 351
- [26] Giovanelli R, Haynes M P. ApJ, 1985, 292: 404
- [27] Dressler A, Smail I, Poggianti B M, et al. ApJS, 1999, 122: 51
- [28] Butcher H, Oemler A. ApJ, 1978, 226: 559
- [29] Butcher H, Oemler A. ApJ, 1984, 285: 426
- [30] Dressler A, Gunn J E. ApJ, 1983, 270: 7
- [31] Gilmour R, Best P, Almaini O. MNRAS, 2009, 392: 1509
- [32] Johnson O, Best P N, Almaini O. MNRAS, 2003, 343: 924
- [33] Eastman J, Martini P, Sivakoff G, et al. ApJ, 2007, 664: L9
- [34] Oh S, Mulchaey J S, Woo J H, et al. ApJ, 2014, 790: 43
- [35] Shen Y, Mulchaey J S, Paychaudhury S, et al. ApJ, 2007, 654: L115
- [36] Tomczak A R, Tran K H, Saintonge A. ApJ, 2011, 738: 65
- [37] Brusa M, Civano F, Comastri A, et al. ApJ, 2010, 716: 348
- [38] Finoguenov A, Guzzo L, Hasinger G, et al. ApJS, 2007, 172: 182
- [39] George M R, Leauthaud A, Bundy K, et al. ApJ, 2011, 742: 125
- [40] Leauthaud A, Finoguenov A, Kneib J P, et al. ApJ, 2010, 709: 97
- [41] Ilbert O, Capak P, Salvato M, et al. ApJ, 2009, 690: 1236

Investigation on Active Galactic Nucleus Fraction in Galaxy Groups

CHEN Xi¹ YAN Peng-fei^{1,2} LI Feng^{1,3} YUAN Qi-rong¹

(1 School of Physics Science and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210023)

(2 School of Mathematics and Physics, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266061)

(3 School of Mathematics and Physics, Changzhou University, Changzhou 213164)

ABSTRACT Compared with numerous X-ray-dominant active galactic nuclei (AGNs) without emission-line signatures in their optical spectra, the spectroscopically identified, X-ray selected AGNs are likely in the high-accretion evolutionary phase of black hole growth, thus they have obvious emission-line signatures. Using the multiwavelength photometric and spectral data in the COSMOS (Cosmological Evolution Survey) deep field, we search the spectroscopically confirmed, X-ray selected AGNs in the samples of group member galaxies within a redshift range of $0.1 < z < 1.0$. It is shown that majority ($\sim 96\%$) of AGNs in groups are narrow-line AGNs. Though overall AGN fraction in groups is likely to be less than 1%, a slight raising tendency with redshift is found in AGN fractions in groups.

Key words galaxies: groups: general, galaxies: active, galaxies: statistics, X-rays: galaxies