

## 早期科学项目 56

**名称：**中等质量黑洞寄主星系的气体成分

**科学意义：**

IMBH及其寄主星系（作为dwarf Seyferts）属于久期演化（secular evolution）系统，即：从观测上看，星系是晚型的，没有经典核球；从物理过程上看，星系主体不是通过主并合（major merger）事件形成的。因此，大家普遍认为（见Kormendy & Ho 2013）：这种AGN系统中应该不存在“ $M_{\text{BH}}-\sigma^*$ 关系”（但参见Greene et al. 2008, Xiao et al. 2011），至少确定不存在“ $M_{\text{BH}}-M^*$ 关系”和“ $M_{\text{BH}}-L^*$ 关系”；也不存在那种由“主并合+AGN(负)反馈”建立起来的共同演化。

另一方面，长期以来各波段的、借助各种AGN样本的研究表明：活动星系核和寄主星系之间很可能存在“活动星系核—星爆联系”（AGN-starburst connection）。近年来随着自适应光学和积分场光谱技术的发展（AO-assisted IFU），研究者开展了空间分辨的光谱观测，研究较低光度的近邻Seyfert星系的核区（ $\sim 100$  pc及以下尺度），证实了在这种久期演化系统中存在一种具体的“活动星系核—星爆联系”：星系近核区的恒星形成活动，产生了慢速星风，这种星风气体提供了黑洞吸积所需的燃料（e.g., Davies et al. 2007）。Kauffmann & Heckman (2009)基于低红移Seyfert 2星系的样本统计，提出富气体和贫气体星系分别有不同的AGN燃料供给模式：在富含冷气体的蓝星系中，AGN供给模式为富足（feast）模式，吸积率不依赖于寄主星系中的气体和星族的性质；在贫气体的红星系中，AGN供给模式为贫乏（famine）模式，由慢速星风提供AGN燃料，质量吸积率正比于星系“（伪）核球”恒星质量。这个结论得到了Seyfert 2星系的中性氢观测数据的支持（Fabello et al. 2011）；特别是，在红星系中，存在中性氢的比质量（ $M_{\text{HI}}/M^*$ ）与AGN爱丁顿比（ $L/L_{\text{Edd}}$ ）之间的正比例关系，见图1。这些研究结果表明：在久期演化系统中，虽然可能不存在经典的“ $M_{\text{BH}}-\sigma^*$ 关系”，但仍然存在着黑洞与星系之间的其它形式的因果联系；我们可以称之为“久期联系”（secular connection(s)）。

对于中等质量黑洞寄主星系的性质以及其恒星形成活动，目前的研究很有限；基本上只有基于光学图像的星系形态分析和简单的结构分解（例如, Jiang, Greene et al. 2011），以及基于光学光谱的简单的星族性质分析（例如, Dong et al. 2012）。这

些光学图像和光学光谱表明，中等质量黑洞的寄主星系分为截然不同的两类：一类是富含气体的晚型星系（例如NGC 4395），第二类是偏红的、当前没有恒星形成活动的类似于椭球（Sph或称dE）形状的星系（例如POX 52）。一般认为，这种椭球状星系是由于各种久期演化过程，从不规则星系和晚型盘星系转变而来（Kormendy & Bender 2012）。另外，星族分析表明：三分之一的中等质量黑洞寄主星系的恒星年龄大于1 Gyr（Dong et al. 2012）。那么，在IMBH寄主星系中，上述Kauffmann & Heckman (2009)燃料供给模式的规律是否成立？特别是，第二类（椭球状的）星系经过久期过程（secular processes）作用后还保留了多少冷气体，IMBH如何获得燃料（cf. Davies et al. 2007），是否存在上述Fabello et al. (2011)得到的 $M_{\text{HI}}/M^* \sim L/L_{\text{Edd}}$ 正比例关系？这些都是令人着迷的问题。

中性氢观测有助于了解这些罕见的中等质量黑洞寄主星系的气体成分，部分回答上述问题。

**FAST 的独特优势：**探测灵敏度，较低的驻波水平

**接收机及基本技术要求：**19 波束（M01），频段 1.05 GHz-1.45 GHz，RFI 环境监测，去除。

**源表：**

参见 Dong et al. 2012

**观测时间及灵敏度要求：**每个源~1 小时

**预期成果：**得到星系团间冲压剥离的中性气体的三维数据，分析中性气体质量和运动性质，得到对星系团间中性气体的演化和相关辐射特征更为清晰的认识。

**联系人：**钱磊

**参考文献**

Davies R. I., Müller Sánchez F., Genzel R., Tacconi L. J., Hicks E. K. S., Friedrich S., Sternberg A. 2007, A Close Look at Star Formation around Active Galactic Nuclei, *ApJ*, 671, 1388

Dong X.-B. et al. 2007, *SDSS J160531.84+174826.1: A Dwarf Disk Galaxy With An Intermediate-Mass Black Hole*, *ApJ*, 657, 700

Dong X.-B., Ho, L. C., Yuan W., Wang, T.-G., Fan, X., Zhou, H., Jiang, N. 2012, *A Uniformly Selected Sample of Low-mass Black Holes in Seyfert 1 Galaxies*, *ApJ*, 755, 167

Dong X.-B., Qian L., et al. 2016, in preparation

Fabello S. et al. 2011, *Arecibo Legacy Fast ALFA HI data stacking - II. HI content of the host galaxies of active galactic nuclei*, *MNRAS*, 416, 1739

Fabian A. 2012, *Observational Evidence of Active Galactic Nuclei Feedback*, *ARA&A*, 50, 455

- Feruglio C., et al. 2015, *The multi-phase winds of Markarian 231: from the hot, nuclear, ultra-fast wind to the galaxy-scale, molecular outflow*, A&A, 583, A99
- Greene J.E., & Ho L.C. 2007, *A New Sample of Low-Mass Black Holes in Active Galaxies*, ApJ, 670, 92
- Greene J. E., Ho L. C., Barth A. J. 2008, *Black Holes in Pseudobulges and Spheroidals: A Change in the Black Hole-Bulge Scaling Relations at Low Mass*, ApJ, 688, 159
- Greene J.E. 2012, *Low-mass black holes as the remnants of primordial black hole formation*, Nature Communications, 3, 1304
- Ho L.C. et al. 2008, *A New HI Survey of Active Galaxies*, ApJS, 177, 103
- Jiang N., Ho L. C., Dong X.-B., Yang H., & Wang J. 2013, *UM 625 Revisited: Multiwavelength Study of a Seyfert 1 Galaxy with a Low-mass Black Hole*, ApJ, 770, 3
- Kauffmann G., & Heckman T. M. 2009, *Feast and Famine: regulation of black hole growth in low-redshift galaxies*, MNRAS, 397, 135
- Kormendy J., Bender R. 2012, *A Revised Parallel-sequence Morphological Classification of Galaxies: Structure and Formation of S0 and Spheroidal Galaxies*, ApJS, 198, 2
- Kormendy J., & Ho L.C. 2013, *Coevolution (Or Not) of Supermassive Black Holes and Host Galaxies*, ARA&A, 51, 511
- Schartmann M., Burkert A., Krause M., Camenzind M., Meisenheimer K., Davies R. I. 2010, *Gas dynamics of the central few parsec region of NGC 1068 fuelled by the evolving nuclear star cluster*, MNRAS, 403, 1801
- Silk J. 2013, *Unleashing Positive Feedback: Linking the Rates of Star Formation, Supermassive Black Hole Accretion, and Outflows in Distant Galaxies*, ApJ, 772, 112
- van der Marel R. P. 2004, *Intermediate-mass Black Holes in the Universe: A Review of Formation Theories and Observational Constraints*, in *Coevolution of Black Holes and Galaxies, from the Carnegie Observatories Centennial Symposia*. Published by Cambridge University Press, as part of the Carnegie Observatories Astrophysics Series. Edited by L. C. Ho, 37.
- Vollmer B., Beckert T., Davies R. I. 2008, *Starbursts and torus evolution in AGN*, A&A, 491, 44
- Wang J.-M., Chen Y.-M., Yan C.-S., Hu C., Bian W.-H. 2007, *Suppressed Star Formation in Circumnuclear Regions in Seyfert Galaxies*, ApJL, 661, L143
- Xiao T., Barth A. J., Greene J. E., Ho L. C., Bentz M. C., Ludwig R. R., Jiang Y. F. 2011, *Exploring the Low-mass End of the  $M_{BH}$ - $\sigma_*$  Relation with Active Galaxies*, ApJ, 739, 28
- Xu B.-X., Wu X.-Bi. 2007, *A Feedback Compression Star Formation Model and the Black Hole-Bulge Relations*, ApJ, 667, 92