

doi: 10.3969/j.issn.1000-8349.2017.01.10

科技部重点专项“大质量黑洞与星系的协同演化及其宇宙学效应”简介

沈志侠¹, 王建民²

(1. 中国科学院 国家天文台, 北京 100049; 2. 中国科学院 高能物理研究所, 北京 100049)

黑洞是广义相对论预言的一种强引力时空区域, 其中光子都难于逃脱引力束缚。随着现代天文观测进展, 特别是 LIGO 引力波地发现, 黑洞不再神秘, 已被逐渐揭开面纱。它们普遍存在于宇宙之中。利用世界最大光学红外望远镜的长期监测, 大质量黑洞可以肯定存在于银河系中心。越来越多的证据表明几乎所有星系的中心包含着大质量黑洞, 它们的尺度比宿主星系小 8~9 个量级——恰似一只鸡蛋与整个地球之比, 但是令人困惑的是黑洞却与星系相伴成长, 它们的质量密切相关。近 20 年来, 以大质量黑洞为中心引擎的类星体和星系两大研究领域开始融合在一起, 黑洞与星系的协同演化成为天文学研究的前沿热点。

星系级黑洞质量大约分布在百万到百亿太阳质量范围内, 由于某种因素使得气体落入黑洞, 此时会释放大量能量, 其辐射覆盖从射电、红外、光学、紫外、X 到伽玛射线的整个电磁波段。全面研究黑洞与宿主星系问题需要使用各波段的观测设备。本项目将结合我国郭守敬望远镜 (LAMOST, 大天区多目标光纤望远镜)、即将竣工的 FAST (500 m 射电望远镜)、即将发射的 HXMT (硬 X 射线望远镜), 以及其它国内外望远镜进行大样本观测, 以多波段观测为主要手段。主要测量三方面物理量: 1) 黑洞质量及其黑洞吸积率; 2) 星系中恒星质量、中性气体质量和恒星形成率; 3) 黑洞和星系参量关系随红移演化关系。我们将观测与理论相结合, 对黑洞和星系的协同演化这一重大问题进行系统性研究, 建立协同演化的完整图像, 揭示其宇宙学效应。

本项目将研究以下挑战性问题, 它们是揭示黑洞与星系共同演化的关键, 同时也将促进相关领域的研究:

1、如何测量黑洞质量?

黑洞引力影响的范围较整个星系来说很小, 需要高分辨率的大型望远镜才能测量相应区域的动力学, 从而可靠地测量黑洞质量。原则上, 对于非常邻近的正常星系可以实现, 但是对于类星体和大部分活动星系就很困难了。目前对黑洞质量的研究仅达到对其质量的估算, 本项目基于时域观测, 将建立一套高精度测量黑洞质量的技术, 以及用于大样本估计黑洞质

通讯作者: 沈志侠, zshen@nao.cas.cn

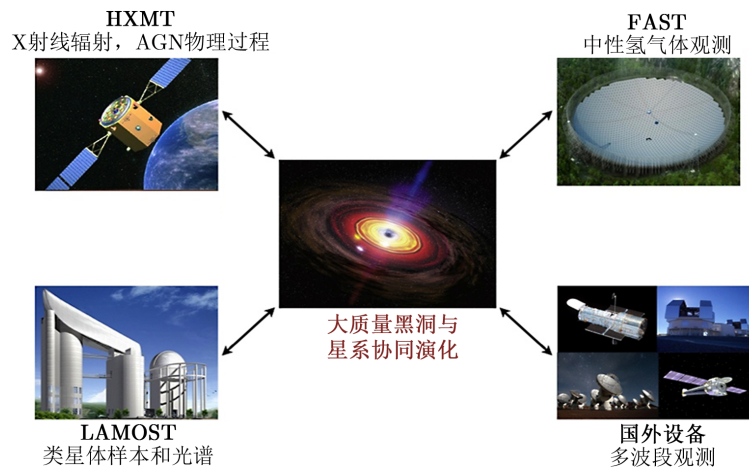


图 1 利用 LAMOST, FAST 和 HXMT, 结合国际其他大科学设备, 集中研究黑洞质量测量、星系中中性气体和恒星质量以及类星体能谱分布, 对黑洞与星系协同演化进行多波段系统研究

量的经验和方法, 测量大样本黑洞质量和黑洞吸积率, 得到黑洞质量和吸积率函数, 探索其演化规律。

2、中性气体、恒星质量和恒星形成率

利用多波段设备测量活动星系的能谱分布, 得到总辐射功率, 测量黑洞吸积率。利用射电和光学望远镜测量不同类型星系中气体和恒星质量, 以及多波段设备揭示黑洞活动对星系形成与演化的反馈效应, 建立不同类型星系中黑洞与星系的关系, 研究这种关系如何随时间而演化, 揭示协同演化的多样性和内在物理机制。

3、高红移类星体及其宇宙学效应

到目前为止, 观测到的类星体最大红移为 $z = 7.01$, 早期 ($z = 6$) 的最大黑洞质量为 200 亿太阳质量。早期宇宙中的大质量黑洞如何形成? 黑洞活动如何触发? 又如何演化? 黑洞质量有上限吗? 宇宙学效应如何探测? 我们将探测遥远的类星体, 建立大样本, 得到早期宇宙中种子黑洞的演化行为, 探讨与第一代恒星和星系的演化关系, 以及它们对宇宙再电离过程的影响。

4、相关理论研究

大质量黑洞吸积与喷流是个很复杂的问题, 其中涉及广义相对论、磁流体力学等极为复杂的物理过程, 我们将采用数值模拟的方法, 模拟产生的丰富物理现象, 例如喷流形成、吸积状态跳变、能谱分布等。我们将建立宽线区形成与演化的物理模型, 为高精度测量黑洞奠定理论基础; 开展高红移吸积模式研究, 为发现高红移类星体指明方向; 探索搜寻大质量双黑洞的理论方法, 构造纳赫兹引力波源候选观测样本。

回答这些问题将全面展现一幅完整的黑洞与星系的协同演化图像, 深刻揭示这一贯穿宇宙学时间尺度的物理过程, 对揭示宇宙间物质与能量循环、理解宇宙演化具有重要意义。为这些目标所发展的人类最先进的多波段探测技术、极端微弱信号处理技术、数值模拟算法等等也将促进相应的技术文明进步。