

山西大学本科毕业论文（设计）开题报告

姓 名	郑致远	学 号	201601101049	所在专业	物理学（国家基地）
论文（设计）题目	星系的角动量分布				
<p>选题的目的和意义：</p> <p>目的：学会测量不同质量星系的恒星和气体角动量的方法；通过分析角动量与星系的其他物理特性之间的关系，理解角动量在星系形成于演化中起到的重要作用，了解星系形成与演化的理论模型。</p> <p>意义：在标准的星系形成演化图像中，星系形成是由暗物质晕中的重子物质冷却并坍缩形成，在这个演化图像中原初星系的角动量及其分布起到关键作用，直接决定了星系的结构，在假设角动量守恒的前提下，理论预言与观测到的星系的物理特性符合的很好。随着近年来的研究深入，出现了一系列与角动量有关的问题。因此理解星系形成与演化的一个重要研究点就是星系的角动量及其分布特征。</p>					
<p>文献综述（国内外研究现状、研究方向、进展情况、存在问题等，并列 出 10 篇以上所查阅的国内外参考文献，要求 3000 字以上）：</p> <p>一、前言</p> <p>20 世纪天文学的一个重大发现是 Hubble 在仙女座大星云（M31）中发现了造父变星，并利用周光关系证明 M31 不在银河系中，人类对宇宙的认知再一次得到飞跃性的进步。随着观测技术的不断进步，我们对于这些由恒星、气体、尘埃组成的巨大系统-星系有了更多的认识，现在我们认为在可观测宇宙中约有 10^{12} 个星系，这些星系的光度、形态、大小都各不相同。为了更好的研究星系的各 种内禀性质、内禀性质之间的关系、外部环境、运动特征以及星系分布的统计规律等，人们发展并利用了各种巡天计划，包括大视场星系红移巡天以及深度星系巡天来获得更多的观测资料。其中最为著名的计划有 CfA 红移巡天、LasCam panas 红移巡天、2 度视场星系红移巡天（2dF）以及 Sloan 数值巡天（SDSS）等。这些巡天项目为我们研究星系提供了极为丰富的观测结果。基于大量的观测数据，Hubble 首次对星系进行了分类，此后在他以及其他天文学家的补充与修改，Hubble 分类逐步完善。在 Hubble 分类中，星系依据形态分为椭圆星系、漩涡星系与不规则星系三类，一般的我们认为椭圆星系到透镜星系为早期星系，漩涡星系与不规则星系属于晚期星系，事实上，Hubble 分类并不代表星系的实际演化过程，早晚期星系也并不代表星系的年龄大小。在众多关于星系的研究中，对于星系的形成与演化的研究尤其重要。目前理论研究中的标准宇宙学模型，基于 Hubble 定理、宇宙学原理、广义相对论三个基本假设提出，宇宙学参数的取值也基本确定。在标准宇宙学模型的基础上，建立了星系形成的理论框架，现代的星系形成理论认为星系与其中心的超大质量黑洞是共同形成的（T.M.Heckman et al. 2014），经典的形成过程可以概括为以下几个阶段：1、宇宙早期在潮汐转矩的影响下，某些区域的暗物质和重子物质一起加速旋转，2、随宇宙演化，密度相对较高的区域，重子物质与暗物质开始坍缩，3、由于暗物质不耗散能量，故在系统 Viral 化后停止坍缩形成暗晕，4、随着坍缩的进行，某些区域的物质密度逐渐增加直到重子物质开始冷却与暗物质分离，但由于重子物质角动量不为 0，最后在暗晕中心形成一个稳定的快速旋转的盘，最终形成的盘的物质密度分布由最初的单位质量角动量分布和最后形成的盘和暗晕系统的旋转曲线决定，5、一般假定暗晕在重子的冷却坍缩过程中是绝热收缩的（Chen. 2006）。尽管这个模型对星系的很多物理性质的预言与观测数据拟合的很好，但是关于盘的角动量分布却出现了问题，模型中冷却坍缩的过程中气体会损失大量角动量给暗晕，这将导致理论预言的盘更小且更致密，产生“角动量灾难”以及角动量分布不匹配的问题。因此，关于星系的形成与演化的课题研究是现在的一个前沿课题，通过大量的观测数据，来进一步研究星系的各 种物理特征以及</p>					

它们之间的关系，来增进我们对于星系形成于演化的认识。

二、活动星系核（AGN）在星系形成过程中的作用

为了研究活动星系核中心的大质量黑洞对于星系形成过程中产生的负反馈作用，通过比较正在经历恒星形成过程的 *seyfert* 星系的恒星形成率与与这些 *seyfert* 星系整体特征相似的星系的恒星形成率，可以发现与正常星系相比 *seyfert* 星系中心附近的恒星形成收到轻微抑制，这个现象表明在长期演化中，星系中心的超大质量黑洞（SMBH）的负反馈可以一定程度上调节中晚期的 *seyfert* 星系的恒星形成率（Bing et al.2018），在这片文章中，首先从 MaNGA 数据库中得到的经过 DRP 的初步处理过的数据，根据 BPT 图将它们分为纯恒星形成型、活动星系核和混合型星系，为了消除 AGN 样本的选择误差，通过在纯恒星形成型星系的激发线图像中添加了 PSF 卷积的点源激发来产生不同的 OIII 光度的 AGN。最后选择了 14 个 AGN 样本。为确定 SMBH 对恒星形成的影响，建立了一个没有 SMBH 吸积的纯恒星形成样本，所有其他影响恒星形成率的因素都控制到与 *Seyfert* 星系一致，包括总恒星质量、有无旋棒结构、核球与盘的质量比、在 $1.5R_e$ 下的恒星质量面密度和 $sSFR$ 、中心横向质量面密度。通过比较发现选择的 AGN 有典型的 *Seyfert* 星系光度，其宿主星系质量较大，其恒星形成率受到抑制，证明了 SMBH 对其宿主星系恒星形成的抑制作用。通过研究星系中额外激发区（ENLR）的尺寸-光度关系，发现可以将 ENLR 解释为 AGN 电离的星云，这个现象表明低光度的 AGN 有除喷流与外漏之外的方式来电离和加热远处的气体，提供一定的负反馈作用，在低光度范围内，动力学反馈会限制 ENLR 的尺寸-光度关系。（Chen et al.2019）这篇文章的样本同样从 MaNGA 数据库中进行选取，使用 BPT 图来筛选 AGN，使用 DAP 对 AGN 进行光谱拟合，并用 OIII 的光度来代替 AGN 的热光度，使用不同的等照度线阈值通过 IFU 光谱数据来确定 ENLR 的大小，消除点扩散函数的影响后来分析 ENLR 的尺寸与光度的关系，拟合后发现这两者见有长线性关系，这表明了 AGN 对于外围气体的电离和加热作用。以上的两篇文献均表明 AGN 中的 SMBH 会在星系形成过程中产生负反馈作用，加热气体，减慢其冷却坍缩过程，但是具体的反馈机制还不明朗，仍然需要进一步的研究。

三、扩展施密特定律

在演化进程中，恒星形成率（SFR）可以一定程度上代表该星系的演化阶段，恒星形成率也会影响星系的物理性质。扩展施密特定律表明，星系中现有恒星也会影响恒星形成率，主要机制是现有恒星通过其自身引力来影响恒星星恒率（Shi et al.2018），这篇文章选择了三个矮星系样本，将图像的背景偏移、图像误差、校准后确定其恒星的形成区域，依次计算恒星形成率及其面密度、气体质量（包括原子气体和分子气体）、星系中的已有恒星质量。对邻近星域的漩涡星系、发光的红外星系（NGC1614、IC4687、M33 中的巨分子云）。分析他们的 SFR 与气体质量、已有恒星质量的关系，来验证和发展扩展施密特定律。关于其作用机制，现有恒星可以通过辐射压、加热气体、自身引力来影响恒星形成率。通常辐射压的作用很小可以忽略不计，通过对星系内气体压力的测量，经数据拟合可以得出气体压力与已有恒星质量的关系，表明已有恒星通过其自身的引力作用来影响恒星形成率，恒星形成的面密度与恒星质量面密度、气体质量面密度呈指数关系。

四、星系内气体速度弥散的影响因素

恒星形成率同样也可以影响星系的其他物理性质，研究表明系星系内的气体速度弥散和恒星形成率以及恒星形成率密度存在紧密关系（Yu et al.2019），这篇文章分析了从 MaNGA 数据库中选择的星系样本的气体速度弥散与恒星质量及其密度，恒星形成率及其密度间的关系，表明了现有理论中的恒星形成过程、引力扰动带来的能量反馈并不能完全解释观测到的气体速度弥散与恒星形成率、恒星形成率面密度的关系，需要新的理论解释。

五、一个透镜型星系的演化过程

根据星系的这些物理特征，我们可以反推得到星系的演化历史，通过分析星系的内部、外部不同的旋转特性、质量关系、旋转曲线、恒星形成率，可以证明一个气体丰度低的透镜型星系（SOs）中存在的额外核光来源于一次气体丰度高的星系合并过程（Li et al. 2018）。选择了 MaNGA 数据库中的一个早期星系（ETG）经 IRAF 椭圆拟合之后再消除图像中来自伴星系和前景星的干扰，为了量化点扩

散函数 (PSF) 的影响, 将 PSF 简化为高斯形式, 与两个 sersic 模型做卷积, 再使用卷积分别于两个 sersic 模型拟合, 来得到 sersic 的特征指数以及 PSF 的影响。做该星系的 $\lambda - \epsilon$ 图像, 其中 λ 可以表征星系的角动量, λ 越大则代表星系旋转越快。使用截断傅里叶级数拟合其速度场, 研究星系的动力学特性。通过以上方法得到了星系的数个特征: 无旋臂, 中心比外围更“蓝”, 明显的额外核光表明它是低质量 ETG, 外围部分的 sersic 特征指数再 2.3-2.5, $\lambda - \epsilon$ 的关系在分界线之上, 表明了其快速旋转的特性, 核与外围部分的动力学解耦表明了其形态属于透镜型星系。在主星系周围展现出模糊的潮汐特征说明它可能正在或者刚刚经历过星系的合并, 而且在内部存在恒星形成区域, 处于恒星形成星系的主序列。

以上研究显示, 尽管我们的理论模型已经可以较好的预言一些观测事实, 但我们仍然有很多无法解释的现象, 依然需要我们在大量观测数据的基础上改进、发展理论模型, 帮助我们更好的理解星系是如何形成和演化的。

参考文献:

- [1]陈冬妮, 暗晕的角动量分布及其对盘星系形成的意义, 中国科学院上海天文台, 博士学位论文, 2006
- [2]罗志坚, 盘状星系形成和演化的半解析研究, 中国科学院上海天文台, 博士学位论文, 2004
- [3] Carlton M Baugh. A primer on hierarchical galaxy formation: the semianalytical approach. *Reports on Progress in Physics*, 69(12):3101, 2006.
- [4] Longji Bing, Yong Shi, Yanmei Chen, Sebastián F Sánchez, Roberto Maiolino, Rogério Riffel, Rogemar A Riffel, Dominika Wylezalek, Dmitry Bizyaev, Kaïke Pan, et al. Mildly suppressed star formation in central regions of manga seyfert galaxies. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 482(1):194–205, 2018.
- [5] Michele Cappellari. Structure and kinematics of early-type galaxies from integral field spectroscopy. *Annual review of astronomy and astrophysics*, 54, 2016.
- [6] Jianhang Chen, Yong Shi, Ross Dempsey, David R Law, Yanmei Chen, Renbin Yan, Longji Bing, Sandro B Rembold, Songlin Li, Xiaoling Yu, et al. The spatial extension of extended narrow line regions in manga agn. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 489(1):855–867, 2019.
- [7] Ryan C Hickox, Christine Jones, William R Forman, Stephen S Murray, Christopher S Kochanek, Daniel Eisenstein, Buell T Jannuzi, Arjun Dey, Michael JI Brown, Daniel Stern, et al. Host galaxies, clustering, eddington ratios, and evolution of radio, x-ray, and infrared-selected agns. *The Astrophysical Journal*, 696(1):891, 2009.
- [8] Song-lin Li, Yong Shi, Yan-Mei Chen, Martha Tabor, Dmitry Bizyaev, Jianhang Chen, Xiao-ling Yu, and Long-ji Bing. An early-type galaxy with an inner star-forming disc. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 480(2):1705–1710, 2018.
- [9] Yong Shi, Lin Yan, Lee Armus, Qiusheng Gu, George Helou, Keping Qiu, Stephen Gwyn, Sabrina Stierwalt, Min Fang, Yanmei Chen, Luwenjia Zhou, Jingwen Wu, Xianzhong Zheng, Zhi-Yu Zhang, Yu Gao, and Junzhi Wang. Revisiting the extended schmidt law: The important role of existing stars in regulating star formation. *The Astrophysical Journal*, 853(2):149, feb 2018.
- [10] Xiaoling Yu, Yong Shi, Yanmei Chen, David R Law, Dmitry Bizyaev, Longji Bing, Songlin Li, Luwenjia Zhou, Jianhang Chen, Rogemar A Riffel, et al. What drives the velocity dispersion of ionized gas in star-forming galaxies? *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 486(4):4463–4472, 2019.

山西大学本科毕业论文（设计）开题报告

主要研究内容：

- 1、测量星系恒星角动量
- 2、测量星系气体角动量
- 3、分析星系角动量与星系其他特征的关系

创新之处：

通过空间分解的动力学观测来测量星系重子物质的角动量；
通过大样本来研究该角动量的统计学特征

山西大学本科毕业论文（设计）开题报告

研究路线、方法、措施及实践方案或实验设计：

- 1、从 MaNGA 数据库筛选出研究的星系样本
- 2、对这些星系样本进行图像、数据处理、误差校正、选择合适的星系样本
- 3、通过计算特征参数得出星系恒星、气体角动量特征
- 4、利用数学拟合的手段分析角动量与星系其他物理性质的关系
- 5、通过得到的关系理解角动量在星系形成与演化中的重要作用

指导教师意见：

签字：

年 月 日

学院意见：

签字：

年 月 日