

doi: 10.3969/j.issn.1000-8349.2014.04.07

棒对旋涡星系中央恒星形成的作用

林野^{1,2}

(1. 中国科学院 上海天文台, 星系与宇宙学重点实验室, 上海 200030; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 使用了目前最大的棒旋星系样本之一, 着重于研究旋涡星系中央的比恒星形成率(sSFR)和棒结构的关系。我们用 $\lg \text{sSFR} = -11 \text{ a}^{-1}$ 作为星系宁静态和活跃态的分界, 统计对比了棒旋星系和非棒旋星系中央的sSFR, 发现相对于非棒旋星系, 棒旋星系处于中央宁静态的比重更大, 而在中央活跃态其恒星形成活动更剧烈。为消除星系样本恒星质量差异对星系中央sSFR统计结果的影响, 获得控制样本, 使棒旋星系和非棒旋星系具有相同的恒星质量分布。随后发现这两类星系在中央宁静态中的统计差异消失, 而在中央活跃态棒旋星系的恒星形成活动依旧相对剧烈, 尤其体现在长棒星系中。这说明棒结构对旋涡星系中央的恒星形成起到促进作用, 且作用效果与棒的长短相关。

关键词: 棒旋星系; 星系中央; 比恒星形成率

中图分类号: P157.9

文献标识码: A

1 引言

在旋涡星系中, 棒结构是一种很常见的特征, 大量观测研究表明, 至少有20%以上的旋涡星系具有棒状结构^[1-7]。棒结构和星系的演化密切相关, 许多天文学家进行模拟计算后发现, 它是星系自身的动力学演化结果^[8-12]。棒结构是气体运输进星系中央的有效通道^[13-18], 星系外层的气体沿着棒结构进入星系中央^[19], 不仅使星系的角动量分布发生变化^[20-23], 也使恒星形成活动增强^[24], 促进星系演化。棒结构也可以使盘内的角动量转移到盘外, 促使它自身的演化^[20, 25, 26]。棒结构不仅对星系的动力学演化起着一定作用, 同时也被星系自身的动力学演化影响着。由于棒结构是旋涡星系中最常见的星系结构特征, 且和星系的演化密切相关, 所以棒结构和星系性质的关系一直是热门研究课题。

星系的动力学特征和星系内在的恒星形成密切相关, 其中有关恒星形成活动的最主要参量之一为比恒星形成率(specific Star Formation Rate, sSFR)。sSFR是恒星形成率(SFR)与

收稿日期: 2014-04-14; 修回日期: 2014-05-19

资助项目: 国家自然科学基金(11173045, 11233005, 10878001, 11033006, 11121062)

通讯作者: 林野, linye@shao.ac.cn

恒星质量的比值,其表征着星系中恒星形成活动的相对活跃程度;也被看作是研究星系气体含量的一个窗口,其测量数值与恒星形成活动的活跃程度正相关,也与星系中气体含量正相关^[27]。通过对星系中央sSFR进行分析,可以检验星系中央是处于恒星形成活动较强的活跃态还是处于恒星形成活动较弱的宁静态。而研究对比有棒星系和无棒星系的中央恒星形成活动的活跃程度差异,有助于我们了解棒结构在星系演化中所扮演的角色。

棒结构虽然是研究星系性质的重要窗口,然而选择棒星系的观测样本却始终是一件难事。目前对于棒结构的判定选择并没有统一的方法,不同的选择方法会带来不同的结果。有最新的椭圆拟合法^[28-30]、傅里叶分析法^[31, 32]等,但最为常用的还是传统的目测法(Visual inspection)^[6, 33]。本文所使用的棒旋星系样本便是基于目测法挑选出来的,由韩国高等研究院(KIAS) Lee等人^[7]在2012年发布,是目前最大的棒旋星系样本之一。基于此样本的研究,可以更准确地探索棒结构对旋涡星系中央恒星形成活动的作用。

本文目的旨在找出棒结构与旋涡星系中央恒星形成活动的关系。通过统计分析方法,我们对棒旋星系和非棒旋星系中央的sSFR分布差异,并分别做了两者的恒星质量、 $g-r$ 颜色和4000 Å跳变的统计分布,从而找出它们内在的某些性质差异。为了研究棒结构对星系中央宁静态、活跃态的作用,我们随后使用了控制样本的方法去消除两类星系在质量分布上的差异,分析两者在控制样本后的中央sSFR变化,从而获得结论并给出相应的解释。

2 研究数据

在棒旋星系样本的选择上,我们使用了韩国高等研究院(KIAS) Lee等人^[7]所发布的样本。这是一个基于SDSS DR7数据上^[34]的完备的体限制样本,包括红移在 $[0.020, 0.055]$ 之间且 r 波段的绝对星等亮于 -19.5 mag的所有星系,共计有33 391个。该样本中对棒结构的选取定义是在星系的 $g+r+i$ 波段的颜色图像上使用目测法进行判断。首先,他们使用了Park和Choi^[35]所引入的星系分类法,将星系划分为早、晚型两类;随后将早型星系分为“早型有棒”和“早型无棒”两类星系;而对于晚型星系(此样本中全为旋涡星系),则首先将星系的轴比 $b/a = 0.6$ 作为正向和侧向两大类星系的阈值,该值大于0.6为正向星系,反之为侧向星系。在正向星系中,又进一步划分为“有棒星系”、“无棒星系”和“难以定义的星系”;而“有棒星系”中棒的长度若占其宿主星系大小的1/3以上,则被定义为“长棒星系”,反之为“短棒星系”。由于该样本没有对侧向星系的棒结构进行判断,为了清楚地对比“有棒”与“无棒”两类星系的性质异同,我们只选择了该样本中正向星系里的所有“有棒”星系和所有“无棒”星系两类作为我们的研究样本,总共包括10 273个星系,是目前最大的棒旋星系样本之一。

为了获得研究所需的星系参量,我们用马普研究所和约翰·霍普金斯大学的数据(MPA-JHU DR7)和纽约大学的额外星系表(NYU-VAGC)^[36]进行了匹配,前者为我们提供了星系的恒星质量和星系中央的sSFR,而后者为我们提供本次研究所需的其他参量。马普天文研究所(MPA)的研究团队利用Kauffmann在2003年^[27]提出的方法估算出恒星质量。星系的sSFR定义为星系的SFR与其恒星质量的比值。MPA-JHU DR7数据中的SFR则是采

用Brinchmann等人^[37]在2004年给出的方法所得。Brinchmann等人通过模型拟合的方法,从SDSS观测所获得的发射线估算SFR,该模型覆盖了大范围的恒星形成历史。他们将星系分为三大类,并用不同的参数去估算。其分别是活跃星系,使用整个模型的拟合结果给出;信噪比低的活跃星系,仅用观测到的H α 光谱去拟合转化成SFR;具有AGN和一些“复杂”或“难定义”的星系,则使用4000 Å跳变去拟合估算SFR和sSFR。在获得SFR后,对sSFR的估算,他们则结合星系SFR和恒星质量的统计分布计算得出。在本文的研究中,星系中央的sSFR则是MPA在SDSS的3"的光纤口径所测得的多波段光谱基础上,使用Brinchmann等人^[37]给出的测算方法所得,含有平均值、中位值、模型值3个数值,我们选择了其中的平均值作为研究参数。

在匹配了MPA-JHU和NYU-VAGC两者的数据后,将生成的样本再与我们所选择的棒旋星系样本进行匹配,从而获得本次研究所需的最终研究样本,共计9160个旋涡星系,包括6266个无棒星系、2268个长棒星系和626个短棒星系。我们将其划分为4个子样本,分别是无棒星系、有棒星系(长棒与短棒星系总和)、长棒星系、短棒星系。在此基础上使用恒星质量作为控制参数生成了3个控制样本集,分别是有棒与无棒星系、长棒与无棒星系、短棒与无棒星系。为避免混淆,在本文中有棒星系系统称为棒旋星系,无棒星系则称为非棒旋星系。

3 结果与分析

3.1 样本控制前的结果

图1给出4个子样本归一化的中央sSFR统计分布,其间隔大小为 $\Delta \lg \text{sSFR} = 0.3 \text{ a}^{-1}$ 。其中实线段表示非棒旋星系,虚线段则表示棒旋星系,各个样本的大小显示在图中对应的括号里。在这里我们选择 $\lg \text{sSFR} = -11 \text{ a}^{-1}$ 作为判断星系处于宁静态或活跃态的阈值:若 $\lg \text{sSFR} \leq -11 \text{ a}^{-1}$ 则认为星系处于宁静态,反之处于活跃态。其阈值已用垂直的虚线在图中标注出。

从图1 (a)可以看到,无论棒旋星系和非棒旋星系,其在宁静态和活跃态的分布都各有一个峰值,构成双峰分布。相比非棒旋星系,棒旋星系在宁静态区域的分布比例更大,这表明有棒的旋涡星系其中央处于宁静态的概率比没有棒的旋涡星系更高。而在活跃态区域,可以看到相对非棒旋星系,棒旋星系的统计分布更向右偏;这说明前者在活跃态中的sSFR平均值要比后者的偏高,对处于活跃态的旋涡星系而言,有棒的星系其中央恒星形成活动相对更为活跃。从图1 (b)和(c),还可以看到棒旋星系与非棒旋星系在宁静态与活跃态中的差异主要体现在长棒星系里,在短棒星系中虽然也具有这种差异但并不明显,说明这种差异主要是由长棒星系主导。

表1列出了4个子样本在活跃态里的一系列有关星系中央的sSFR统计数值,包括各自的活跃态数量在各自的样本总量中所占的比例、活跃态里的中位值以及 $\pm 1\sigma$ 的范围。从表1中,可以清楚地看到活跃态比例最大的是非棒旋星系,活跃态比例最小的是长棒星系,也即是长棒星系在宁静态中的比重更大,这和从图1中直观所见的一致。另一方面,星系中央 $\lg \text{sSFR}$

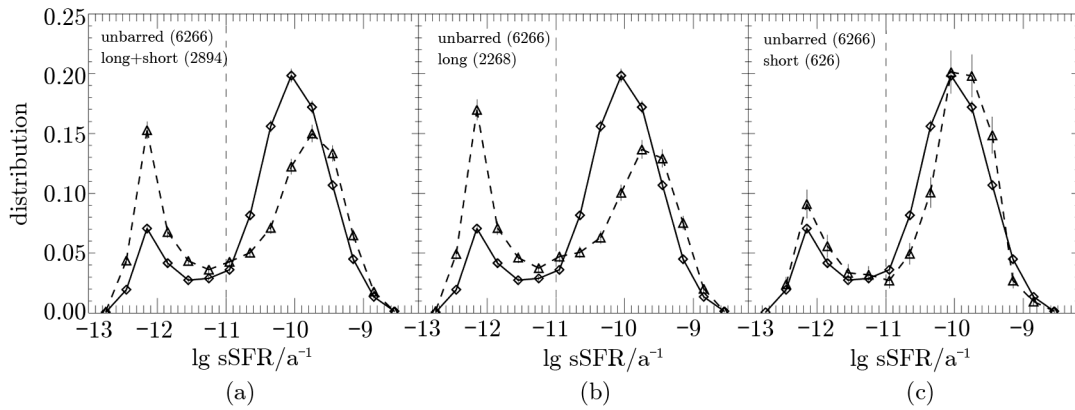


图 1 棒旋星系和非棒星系归一化的中央sSFR分布图

括号中数字代表对应样本的星系数量。实线段代表非棒旋星系，(a)–(c)中的虚线段依次代表棒旋星系、长棒星系、短棒星系。

的中位值和 $\pm 1\sigma$ 的范围表明：对处于活跃态里的旋涡星系而言，有棒的星系其中央sSFR的平均值要比没有棒的星系更大一些，这在长棒星系里最为明显。

表 1 4个子样本在活跃态中的统计数值

| 子样本 | 活跃态比例 | lg sSFR / a ⁻¹ | |
|------------|--------|---------------------------|--------------------------|
| | | 中位值 | [$-\sigma$, σ] |
| unbarred | 80.08% | -9.99 | [-10.45, -9.52] |
| long+short | 63.72% | -9.80 | [-10.36, -9.35] |
| long | 60.63% | -9.76 | [-10.38, -9.30] |
| short | 74.92% | -9.89 | [-10.31, -9.50] |

虽然从图1和表1可以看到，两类星系在中央sSFR的分布上具有明显的差异，且似乎还与棒的长短有关，但无法得知这种差异是由星系的某些性质的不同带来的还是真的与棒结构有关。在图2中我们分别做了这两者的恒星质量、 $g-r$ 颜色、4000 Å跳变的归一化统计分布图，以此来找出棒旋星系和非棒旋星系一些性质的统计差异。可以看到，棒旋星系相对非棒旋星系而言是质量更大、颜色更红的星系；而4000 Å跳变的分布值，也是棒旋星系比非棒旋星系的略高一些。由于 $g-r$ 颜色与4000 Å跳变与星系的SFR相关，从这里也可以发现棒旋星系与非棒旋星系的中央恒星形成活动并不相同。两类星系的确具有一些内在的统计性质差异，如可以消除星系之间的某些性质差异给其中央恒星形成活动带来的影响，那么再次研究星系中央的sSFR时就可以知道棒结构是否对旋涡星系中央的恒星形成具有一定影响。为此，我们选择恒星质量作为控制参数，分别对子样本做样本控制。

3.2 样本控制后的结果

对控制样本的生成，我们先找出棒旋星系和非棒旋星系的共同分布 $P(M_*)$ ，然后按照该分布分别从两类星系中随机挑选出星系，随后我们共计得到相同数量的棒旋星系和非棒旋星

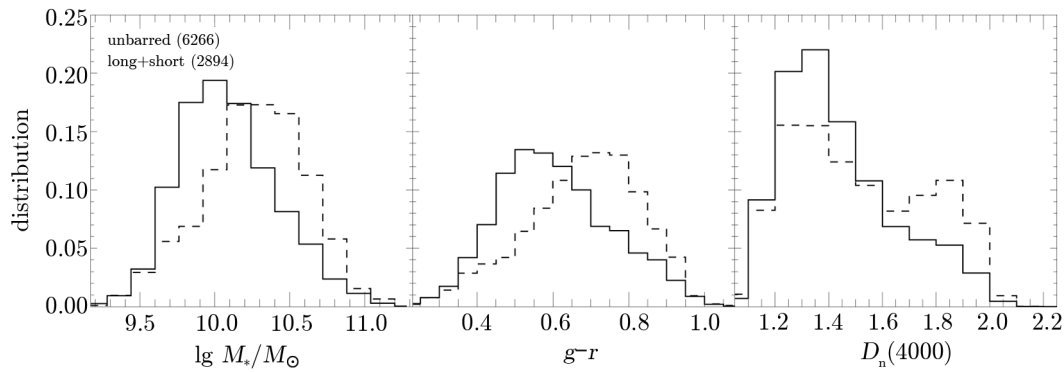


图 2 棒旋星系和非棒星系的恒星质量、 $g-r$ 颜色、4000 Å 跳变的归一化分布图

实线段代表非棒旋星系，虚线段代表棒旋星系。

系，数目各为2830个。与此同时，为了找出这种作用是否与棒结构的长短相关，我们按照相同的控制方法，在已获得的控制样本基础上再分别对非棒旋星系与长棒星系、非棒旋星系与短棒星系之间做第二次样本控制，又生成2个控制样本，每一个控制样本包含的星系数与被控制棒样本的都相同，分别是2224个和606个。

图3所示是控制样本后两类星系的性质分布图，可以看到，在两类星系的恒星质量分布得到控制后，在 $g-r$ 颜色和4000 Å跳变上依旧存在差异。3个控制样本的中央sSFR分布图则显示在图4中。

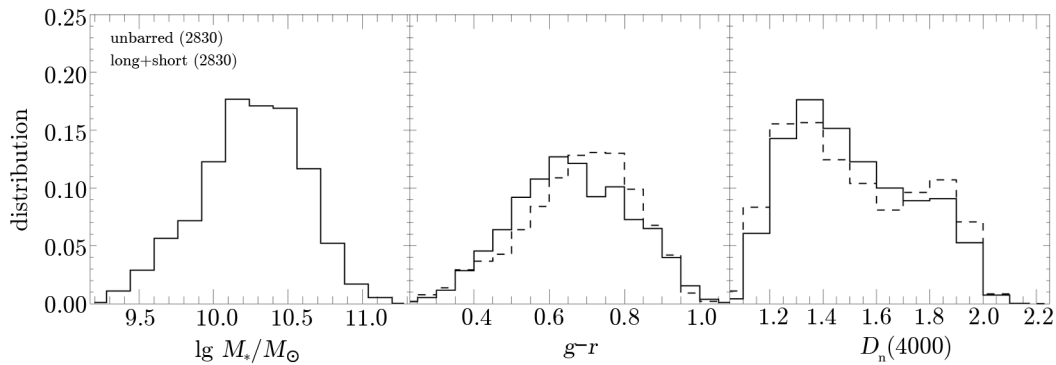


图 3 样本控制后的棒旋星系和非棒星系的恒星质量、 $g-r$ 颜色、4000 Å 跳变的归一化分布图

实线段代表非棒旋星系，虚线段代表棒旋星系。

从图4(a)可以看到，棒旋星系和非棒旋星系在宁静态中比例上的差异基本消失，两者在宁静态都具有近乎相同的比重；而在活跃态，棒旋星系的sSFR依旧比非棒旋星系的偏高一些，这两点尤其在非棒旋星系与长棒星系的控制样本中体现得最为明显。从表2中则可以清楚看到，每一个控制样本中的“有棒”和“无棒”星系都具有相似的活跃态比例；而活跃态中的 \lg sSFR 的中位值和 $\pm 1\sigma$ 显示出，“有棒”星系在活跃态中的sSFR 平均值皆高于“无棒”星

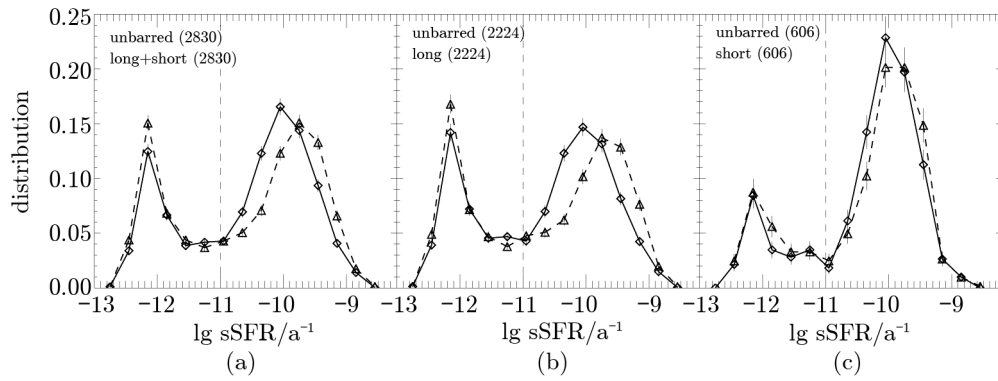


图4 3个控制样本的归一化中央sSFR分布图

(a)–(c)依次是非棒旋星系和棒旋星系、非棒旋星系和长棒星系、非棒旋星系和短棒星系。

表2 3个控制样本在活跃态中的统计数值

| 样本 | 活跃态比例 | $\lg \text{ sSFR} / \text{a}^{-1}$ | |
|------------|--------|------------------------------------|---------------------|
| | | 中位值 | $[-\sigma, \sigma]$ |
| unbarred | 68.33% | -9.98 | $[-10.48, -9.50]$ |
| long+short | 63.87% | -9.80 | $[-10.36, -9.35]$ |
| unbarred | 64.41% | -10.00 | $[-10.51, -9.48]$ |
| long | 60.77% | -9.76 | $[-10.38, -9.30]$ |
| unbarred | 79.30% | -9.97 | $[-10.39, -9.55]$ |
| short | 75.25% | -9.88 | $[-10.31, -9.50]$ |

系，尤其是在非棒旋星系和长棒星系的控制样本中，这两者的数值差异最大，这说明棒的长短和星系中央的恒星形成活动也具有密切关系。在样本控制后，两类星系在宁静态的分布差异基本消除，但在活跃态依旧保持这种差异。这说明两点：(1)两类星系在宁静态的差异性可能是由星系恒星质量差异主导；(2)棒状结构有促使星系中央sSFR增强的作用，且作用效果与棒的长短有关。由此在统计样本上，我们发现棒结构对旋涡星系中央的恒星形成具有促进作用，且促进的效果与棒结构的长短相关。

4 结论和探讨

4.1 结论

本文使用了目前最大的棒旋星系样本之一，通过统计分析该样本的中央sSFR的分布，在棒旋星系中央发现处于宁静态的数量分布相对更多；而处于活跃态的棒旋星系的sSFR平均值更大，并主要体现在长棒星系里。当用控制样本消除掉两类星系的恒星质量分布差异后，非棒旋星系和棒旋星系在宁静态的分布比重近乎一致，而处于活跃态的棒旋星系的sSFR值

依旧更大,且依然是长棒星系起主导作用。根据这些结果我们得出,棒结构会对星系中央的恒星形成起促进作用,并且棒的长短和这种促进作用的强弱相关。

4.2 探 讨

棒结构是旋涡星系中很常见的一种结构特征,其和星系自身的形成演化密切相关。棒结构在促使星系中央恒星形成时,反过来也会受到星系自身演化的影响。棒结构是星系长期演化的产物,在最近一些模拟结果中^[38, 39],棒结构与气体的关联也非常密切,其中sSFR是和星系气体有关的参数之一。sSFR除了衡量恒星形成活跃程度以外,还被认为与星系的气体含量贫富正相关^[40]:当星系处于宁静态,则暗示着星系气体稀少;反之处于活跃态的时候,星系则富含气体。从图1和表1中我们可发现,两类星系分别在中央宁静态和活跃态都具有较明显的差异,棒旋星系在宁静态中的相对数量更多,而其活跃态的数值却相对偏大。这暗示着相对于非棒旋星系,更多的棒旋星系中央缺乏气体,恒星形成活动匮乏,则棒可能会抑制星系中央恒星形成^[24];而另一部分棒旋星系中央却富含更多的气体,恒星形成活动活跃,则棒可能促进星系中央恒星形成^[24]。

随后从图2中可以看到棒旋星系的恒星质量更大、颜色更红,在4000 Å跳变上的分布也偏高。由于4000 Å跳变可以作为星族的平均年龄考量,且质量更大、颜色更红的星系其年龄相对也更老,这暗示着棒旋星系的演化时间可能要长于非棒旋星系。由于棒结构的一般演化过程是从无棒到有短棒再到长棒^[38, 39, 41],如果暂不考虑棒的反向演化(也即从长棒到短棒到无棒),则可以粗略地认为长棒星系在旋涡星系中具有相对更长的演化时间。由于棒结构对中央恒星形成具有促进作用^[24],棒旋星系中央的气体在时间更长的演化中会被消耗得更多,恒星形成会被削弱,从而出现更多的中央宁静态。这不仅再度说明棒结构与星系的长期演化和星系中央的恒星形成密切相关,还强烈暗示着一种与棒结构有关的星系中央的演化机制:星系外围的气体沿着棒结构进入星系中央,促进了中央的恒星形成;而由于棒旋星系的演化时间相对较长,星系中央的恒星形成又更活跃,使得大量气体被消耗,从而有更多的棒旋星系中央会反过来出现宁静态。

当使用恒星质量作为控制参数去消除两类星系的一些内在统计性质差异后,由图4与表2的结果可知,两类星系在宁静态的分布差异几乎消失。如果认为对两类星系的恒星质量分布控制可以粗略地看作是消除一部分由星系长期演化所带来的差异,那么在样本控制后,我们不仅验证了宁静态中的差异是由星系恒星质量主导的,而且还得出这种差异跟星系的演化年龄有一定关联的结论。且也如图2所示,棒旋星系在4000 Å跳变上显示出双峰结构,表明有一部分棒旋星系的星族演化历史更长,加之棒结构有促使星系中央恒星形成的作用^[24],那么这部分演化时间更长的棒旋星系中央的气体就会被消耗得更多,从而出现中央宁静态。然而我们对这种演化机制的判断太过粗糙,无法从本研究中获得星系长期演化有关的具体信息,只是通过较简单的参数统计去分析推论棒结构与星系长期演化的一种可能机制。

棒结构与星系的演化密切,棒结构不仅促使星系演化,也受星系演化影响。这种作用是相互和多样化的,是较为复杂的机制,无法从单一的角度去解释。虽然我们的研究发现棒对星系中央的恒星形成具有促进作用,也预示了一种棒结构与星系的演化机制,但我们不能完全确定棒结构与星系自身演化的具体关系。由于棒结构与星系自身的演化关系较繁复,我

们只能粗略地从某一方面提出其中一个可能的机制；并且，因缺少有关棒旋星系中央气体含量贫富的具体信息，对于“棒结构是否具有推动星系中央恒星形成的本征作用？”这样的问题，也是本文所无法回答的。在下一步研究中，我们将在本文的基础上，深入探索棒结构对中央恒星形成的具体作用机制以及它与星系长期演化的更为准确的关系。

致谢

感谢上海天文台邵正义老师对本工作的建议，感谢审稿老师的审稿意见，感谢王立新、王恩赐同学有益的讨论和对本工作的帮助。

参考文献：

- [1] Eskridge P B, Frogel J A, Pogge R W, et al. *AJ*, 2000, 119: 536
- [2] Elmegreen B G, Elmegreen D M, Hirst A C. *ApJ*, 2004, 612: 191
- [3] Joglee S, Barazza F D, Rix H W, et al. *ApJ*, 2004, 615: L105
- [4] Nair P B, Abraham R G. *ApJ*, 2010, 714: L260
- [5] Martínez H J, Muriel H. *MNRAS*, 2011, 418: L148
- [6] Masters K L, Nichol R C, Hoyle B, et al. *MNRAS*, 2011, 411: 2026
- [7] Lee G H, Park C, Lee M G, et al. *ApJ*, 2012, 745: 125
- [8] Pfenniger D, Friedli D. *A&A*, 1991, 252: 75
- [9] Friedli D, Benz W, Kennicutt R. *ApJ*, 1994, 430: L105
- [10] Sellwood J A, Wilkinson A. *Reports on Progress in Physics*, 1993, 56: 173
- [11] Friedli D, Benz W. *A&A*, 1995, 301: 649
- [12] Kormendy J, Kennicutt R C, JR. *ARA&A*, 2004, 42: 603
- [13] Athanassoula E. *MNRAS*, 1992, 259: 345
- [14] Combes F, Elmegreen B G. *A&A*, 1993, 271: 391
- [15] Fux R. *A&A*, 1999, 345: 787
- [16] Maciejewski W, Teuben P J, Sparke L S, et al. *MNRAS*, 2002, 329: 502
- [17] Regan M W, Teuben P J. *ApJ*, 2004, 600: 595
- [18] Baba J, Saitoh T R, Wada K. *PASJ*, 2010, 62: 1413
- [19] Friedli D, Benz W. *A&A*, 1993, 268: 65
- [20] Debattista V P, Sellwood J A. *ApJ*, 2000, 543: 704
- [21] Athanassoula E. *ApJ*, 2002, 569: L83
- [22] Athanassoula E. *MNRAS*, 2003, 341: 1179
- [23] Martinez-Valpuesta I, Shlosman I, Heller C. *ApJ*, 2006, 637: 214
- [24] Wang J, Kauffmann G, Overzier R, et al. *MNRAS*, 2012, 423: 3486
- [25] Cervantes-Sodi B, Hernandez X, Park C. In: Debattista V P, Popescu C C, eds. *American Institute of Physics Conference Series*, 2010, 1240: 407
- [26] Cervantes-Sodi B, Li C, Park C, et al. *ApJ*, 2013, 775: 19
- [27] Kauffmann G, Heckman T M, White S D M, et al. *MNRAS*, 2003, 341: 33
- [28] Knapen J H, Shlosman I, Peletier R F. *ApJ*, 2000, 529: 93
- [29] Sheth K, Elmegreen D M, Elmegreen B G, et al. *ApJ*, 2008, 675: 1141
- [30] Li C, Gadotti D A, Mao S, et al. *MNRAS*, 2009, 397: 726
- [31] Laurikainen E, Salo H, Buta R, et al. *MNRAS*, 2007, 381: 401
- [32] Aguerri J A L. *XMM-Newton Proposal*, 2009: 79
- [33] Knapen J H. *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 1999, 187: 72

- [34] Abazajian K N, Adelman-McCarthy J K, Agüeros M A, et al. ApJS, 2009, 182: 543
[35] Park C, Choi Y Y. ApJ, 2005, 635: L29
[36] Blanton M R, Schlegel D J, Strauss M A, et al. AJ, 2005, 129: 2562
[37] Brinchmann J, Charlot S, White S D M, et al. MNRAS, 2004, 351: 1151
[38] Masters K L, Nichol R C, Haynes M P, et al. MNRAS, 2012, 424: 2180
[39] Athanassoula E, Machado R E G, Rodionov S A. MNRAS, 2013, 429: 1949
[40] Kauffmann G, Li C, Fu J, et al. MNRAS, 2012, 422: 997
[41] Cheung E, Athanassoula E, Masters K L, et al. ApJ, 2013, 779: 162

The Effects of Bar Structure on the Central sSFR of Spiral Galaxies

LIN Ye^{1,2}

(1. Key Laboratory for Research in Galaxies and Cosmology, Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: We investigate the effects of bars in spiral galaxies on galaxy central specific Star Formation Rate (sSFR) using a sample of over 9000 spiral galaxies drawn from Sloan Digital Sky Survey, with morphological classifications assigned by visual inspection. Our sample includes three types: none-barred galaxies and galaxies hosting long or short bars, respectively. By identifying star-forming and quiescent population, we find barred spiral galaxies tend to be central quiescent. However, the star-forming barred spiral galaxies tend to have stronger central star forming activities than the unbarred spiral galaxies. In order to find the connection between central sSFR and the presence of a bar within the spiral galaxy, we construct control samples where barred and unbarred ones are closely matched by stellar mass. We then find the same proportion of central quiescent galaxies for barred and unbarred ones. Furthermore, the star-forming barred ones still have stronger central star forming activities than the unbarred ones with the signal mainly coming from the long barred ones. These results demonstrate that bars may have no influence on central star quiescence, but bars can induce the central star formation in their host spiral galaxies where the effect are mainly contributed by long bars.

Key words: barred galaxies; galaxy central; sSFR