

大尺度环境对星系性质的影响*

魏玉清^{1,2†} 王 蕾¹ 戴才萍¹

(1 中国科学院紫金山天文台 南京 210008)

(2 中国科学院大学 北京 100049)

摘要 星系的恒星形成性质及其随环境变化的规律对理解星系的形成与演化有着重要作用. 不同的研究团组根据Sloan巡天(SDSS)数据分析星系物理性质及星系所在的大尺度环境. 分别利用了来自Tempel等的纤维结构(filament)编目和来自Wang等的大尺度结构分类的星系编目, 并考虑了星系形态、高低局域密度环境、中心(卫星)星系影响, 发现星系的性质和星系所在大尺度环境相关: 不同大尺度环境对漩涡星系和卫星星系的SSFR (specific star formation rate)和SFR (star formation rate)都有显著影响, 但对椭圆星系和中心星系的影响很小, 且低局域密度区域的星系比在高局域密度区域中的星系对不同大尺度环境更敏感, 即使在相同星系质量的情况下上述结论依然成立, 此外来自Tempel等的编目的统计与来自Wang等的在SSFR分布上并不完全一致.

关键词 宇宙学: 宇宙大尺度结构, 星系: 恒星形成率

中图分类号: P157; **文献标识码**: A

1 引言

宇宙学是一门以观测为基础的学科. 随着天文观测技术的提升和巡天项目的发展, 提供了许多可供研究的星系大样本数据, 为研究宇宙的大尺度结构和星系性质, 探究星系的形成和演化奠定了基础. 宇宙学的巡天一般可分两类, 一类为面积很小但是深度很高的深视场巡天, 另一类是宽角度巡天, 后一类巡天由于覆盖面积大, 星系数目多, 利于做大尺度结构的统计研究. 常用的一些巡天工程有2MASS (2 Micron All Sky Survey), 2dFGRS (Two Degree Field Galaxy Redshift Survey), SDSS (Sloan Digital Sky Survey)等. 其中SDSS主要使用一台口径为2.5 m的3°视场望远镜, 它对1/4的天区进行深度的普查观测, 覆盖两个天区, 测量了大量星系、类星体、恒星等天体的光谱等信息. 它提供的大样本数据可以绘制出迄今最精确的宇宙结构图, 力图深化人类对宇宙一些基本问题的认识, 文中所用的数据就是来自于SDSS.

宇宙中的大量星系在大尺度上结成了一个复杂的宇宙网结构, 这是物质由于引力的各向异性塌缩而成. 一般我们把这个大尺度结构分为4个部分: 空洞结构(void),

2015-10-14收到原稿, 2015-11-17收到修改稿

*江苏省杰出青年基金项目(BK20140050)、973项目(2015CB857003, 2013CB834900)、国家自然科学基金项目(11333008)资助

†weiyq@pmo.ac.cn

片状结构(sheet), 团状结构(cluster)和连接团状结构的纤维状结构(filament)^[1-2]. 这已经被巡天观测证实, 而由于这些结构的复杂性, 很难定量划分这些不同的结构. 目前大致上有两种方法, 一种是不涉及物理过程, 只从星系分布来区分, 比如Stoica等^[3-5]的candy model和Tempel等^[6]的Bisous算法; 另一种是通过重构引力场等物理方法来区分, 如Cautun等^[7]的NEXUS方法和Wang等^[8]的重构潮汐场和速度场方法^[7-11].

星系性质对研究星系的形成和演化有重要作用, 研究不同星系性质及其环境之间的关系一直都是热门的研究课题, 特别是由于SDSS的大样本数据, 不同的研究团队分别得到了星系的各种物理性质, 如恒星形成率、恒星质量、星系类型等, 利用这些数据可以详细研究星系性质和环境的关系. 研究表明, 星系的性质和星系的质量、颜色、密度、形态等都有关系^[12-23], 处于高密度环境中星系的恒星形成率(SFR)总是比低密度环境的要低^[24-27]. 最近几年研究者用不同的算法还得到了星系所在的大尺度环境, 如星系团、星系纤维、星系片、空洞. 此外有研究者发现在纤维状结构中的星系比不在纤维状结构中的星系有更多的卫星星系^[28], 还有研究空洞环境下的星系性质^[29]. 目前大尺度环境对星系性质影响的研究还比较少, 我们调查星系的恒星形成率及特征恒星形成率是否与星系所处环境有关. 利用不同的研究者从SDSS中选取的样本, 通过对这些数据进行大样本统计, 根据Tempel等^[6]通过Bisous算法定义的和Wang等^[8]定义的大尺度结构, 将星系划分在不同的大尺度环境中, 并考虑星系类型和星系所处环境密度的影响, 研究星系的性质和星系所在大尺度环境的关系. 我们假设 Λ CDM宇宙学模型参数为 $\Omega_M = 0.3$, $\Omega_\Lambda = 0.7$, $H_0 = 70 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Mpc}^{-1}$.

2 观测数据和样本

SDSS提供的大样本光谱和测光数据可以绘制出迄今最精确的宇宙大尺度结构图, 迄今为止SDSS已经释放出第12次数据Data Release 12(DR12)^[30]. 本文中所用到的所有数据样本都来自SDSS的光谱数据^[31]. MPA-JHU (Max Planck Institute for Astrophysics and the Johns Hopkins University)利用SDSS数据并发展了一套计算星系性质的方法^[32-33], 计算包括恒星质量、氧元素丰度、恒星形成率(SFR)等参数, 并随着SDSS释放数据的更新不断更新, 目前已经更新到DR8, 数据可从网站获得¹. 另一个被广泛采用的样本是NYU-VAGC (New York University Value Added Galaxy Catalog)^[34], 目前已经更新到SDSS DR7, Yang等^[9-10]利用NYU-VAGC样本并基于暗晕建立了自己的星系群样本.

我们使用了两个样本来研究宇宙大尺度环境对星系性质的影响. 这两个样本分别来自两种不同的大尺度分类方法: 表1是来自Tempel等^[6,35]根据SDSS DR8数据选取的一个星系群和纤维状结构样本. 其中星系群样本是通过一个修改的FoF方法(modified friend-of-friend)结合横向纵向可变连接长度方法来构建的. 这与Yang等^[9-10]基于自适应的暗晕模型构建的星系群样本是不同的. 但二者都是使用的SDSS的光谱巡天样本. 相比测光样本使用光谱样本的好处就是星系群的成员星系更可靠, 缺点是受限于光谱样本数目稀少的特点, 星系群成员数目太少, 导致多数星系群只有一两个成员. 纤维状结

¹<http://www.sdss3.org/dr8/spectro/galspec.php>

构样本是把任何一个星系都当成空间中一个点, 通过随机的点标记过程(Marked point processes)在Bisous模型下构建的关于被标记点集在空间中的纤维状结构. 这种做法的优点是在空间中可以明显地看到一根纤维状的大尺度结构, 这符合纤维状结构的视觉定义. 缺点一是因为把所有星系无论质量、速度, 都平权对待当成一个点, 所以连出的纤维状结构只是星系数目密集的地方; 二是构建纤维状结构的时候不区分团状结构或者片状结构, 把团状结构或者片状结构的一部分也归为纤维状结构的一部分.

表2是来自Wang等^[8]基于Yang等^[9-10]的星系群表(基于SDSS DR7), 通过重构速度场和潮汐场而得到的4种大尺度环境分类(团状结构、纤维状结构、片状结构、空洞). 该方法的优点是对大尺度环境的分类是符合物理定义的(由海森矩阵的本征值的符号来区分), 能够将星系群之间内在的关联找出来, 从而更好地进行分类, 能克服Tempel等人方法的那些缺点. 但唯一的不足是纤维状结构或片状结构在空间上并没有被连接起来, 纤维状结构里可能因为团状结构的存在而有间断, 片状结构中也会有空洞, 也就是说不以可视化为目的, 看上去并不是视觉上的纤维状结构或者片状结构.

表1中列出了Tempel等^[6,35]星系和星系群样本中的其中一部分星系参数, 包括了星系id, 所在星系群的星系数目(Nrich), 坐标参数, 对应的SDSS DR8的星系id(dr8specobjid), 星系类型(morf=1表示漩涡星系, 2表示椭圆星系, 0表示未分类星系), 距离最近纤维状结构的距离参数. 星系的星等为 $12.5 < m_r < 17.7$, 红移为 $0.009 < z < 0.2$, 共包括了576 493个星系, 并且他们用这个样本结合自己的Bisous算法定义大尺度结构并得到了一个纤维状结构编目. 我们把星系位于离纤维状结构轴的距离在1 Mpc/h以内的归为纤维状结构内, 1 Mpc/h以外的为纤维状结构外. 此外, 我们选择样本中星系所属星系群中Nrich=1的为极低密度区域星系(即附近没有其他星系), Nrich > 17的为极高密度区域星系, 最后得到了170 960个低密度区域星系和34 805个高密度区域星系.

表2中列出了来自Wang等^[8]和Yang等^[9-10]的样本中的其中一部分参数, groupid是在Yang等^[10]的星系群样本中的星系群id; NYU-VAGCid是星系在NYU-VAGC星系表中的id; SFR指星系的恒星形成率; M_{st} 指星系的恒星总质量; SSFR指星系的特征恒星形成率(单位恒星质量恒星形成率); morph指星系的形态(morph=1表示卫星星系, 2表示中心星系, 0表示未分类星系); LSEid指星系所处大尺度环境的id, 0-团状结构、1-纤维状结构、2-片状结构、3-空洞; rank指按照质量大小排序的指标; M_h 是星系群所在暗晕的质量. 其中SFR, SSFR, morph来自与MPA-JHU的星表的交叉证认.

表1 来自Tempel等^[6,35]星系(群, 纤维结构)样本

Table 1 A sample of galaxies (groups, filaments) from Tempel et al.^[6,35]

id	Nrich	ra/(°)	dec/(°)	morf	dr8specobjid	fil-dist/(Mpc/h)
16	2	251.16	28.22	1	1898274722890672128	2.59
17	2	251.17	28.13	1	1898275547524392960	2.54
18	3	251.34	28.46	1	1898275822402299904	0.12
19	3	251.35	28.48	0	1898276647036020736	0.06
22	3	251.33	28.49	0	1898277471669741568	0.07

表 2 来自Wang等^[8]大尺度环境星系群表样本
Table 2 A sample of galaxies in large-scale environment from Wang et al.^[8]

dr8specobjid	groupid	NYU-VAGCid	$\lg(\text{SFR}/(M_{\odot} \cdot \text{yr}^{-1})) \lg(M_{\text{st}}/M_{\odot})$		
1933264763194730496	22653	2289538	-1.4414	9.5534	
1933265587828451328	22653	2315769	-2.0899	10.4341	
1933266687340079104	22653	2315770	-2.0002	10.4870	
1934312872100259840	22654	2289593	-1.7239	9.8145	
1934312047466539008	22654	2289594	-1.1360	10.3622	
1934312322344445952	22654	2289596	-1.8681	10.0954	
$\lg(\text{SSFR}/\text{yr}^{-1})$	morph	LSEid	Nrich	rank	$\lg(M_{\text{h}}/M_{\odot})$
-11.0746	0	1	3	3	13.0284
-12.5436	1	1	3	2	13.0284
-12.5315	2	1	3	1	13.0284
-11.5832	2	1	3	3	12.8545
-11.5457	0	1	3	1	12.8545
-12.0468	2	1	3	2	12.8545

3 结果与分析

3.1 来自Tempel等^[6,35]编目的统计

星系的恒星形成率是表征星系中恒星形成活动的重要参数(即1 yr中有多少质量的恒星形成), 而特征恒星形成率是 SFR/M , M 为星系恒星总质量, 表征一个星系的恒星形成活动的剧烈程度. 它们是研究星系的形成演化历史以及内部的恒星组成的重要参数. 图1是利用Tempel等^[6,35]的纤维状结构编目, 结合MPA-JHU给出的星系的SFR、SSFR、质量、形态等物理量, 统计出漩涡星系(蓝色)、椭圆星系(红色)的平均SFR(下)、SSFR(左上)和星系平均质量(右上)随着远离纤维状结构轴的距离 R 的变化关系, 误差为标准误差. 由图显示出距离纤维结构轴远的漩涡星系的SSFR是降低的, 椭圆星系的几乎没有变化. 星系的平均质量都是随着 R 先降低后增加的, 椭圆星系的平均质量大约是漩涡星系的4-5倍. 漩涡星系的SFR是随距离增加的, 但不够显著. 椭圆星系的SFR基本没有变化. 我们认为以上结果主要归因于: 首先, 找纤维状结构的方法(和来自Wang等^[8]编目的对比在下一小节), Bisous算法是基于星系数密度的, 所以会导致靠近纤维状结构的地方星系数密度高, 从而星系平均质量降低. 这点在Yang等^[9-10]和Tempel等^[35]的星系群编目里也得到了证实, 星系成员数多的群的平均星系质量要低. 其次, SFR或者SSFR主要由数目多、年龄小的漩涡星系主导贡献, 漩涡星系冷气体比较多, 所以恒星形成比较频繁. 最后, 由于小质量的年轻的漩涡星系多集中在纤维状结构周围, 所以导致那里的SSFR要比外围高.

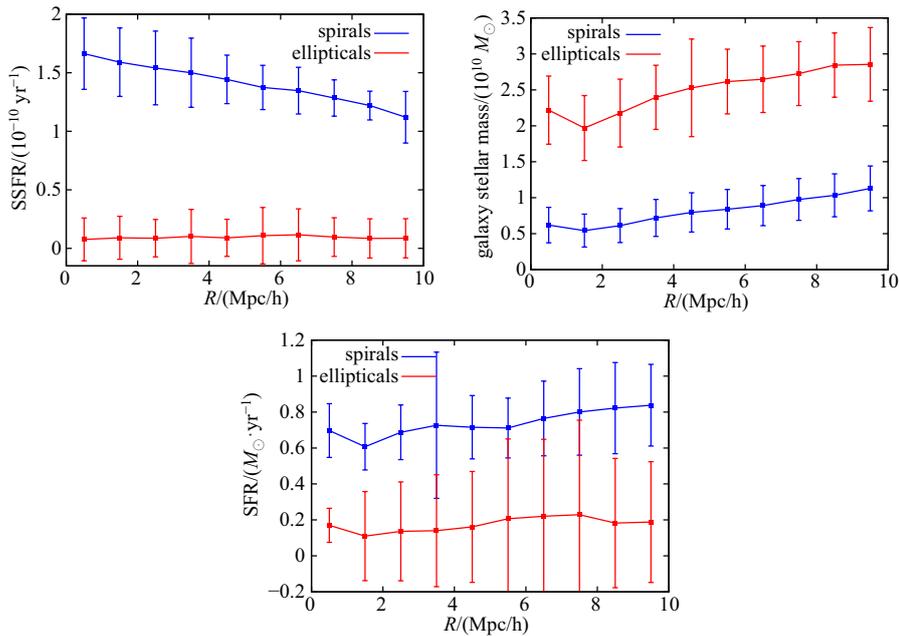


图 1 星系质量(右上)、SSFR(左上)和SFR(下)随着远离纤维结构轴的距离 R 的变化, 其中不同颜色代表不同的星系形态: 椭圆星系(红色), 漩涡星系(蓝色)

Fig. 1 The relation between mass of galaxies (upper right) /SSFR (upper left) /SFR (bottom) and the distance from filament: the red lines for the elliptical galaxies, and the blue lines for the spiral galaxies

现在我们考虑大尺度环境对恒星形成率的影响. 因为星系的质量、类型、密度等都对星系的恒星形成率有很大的影响, 我们利用Tempel等^[6]的纤维状结构编目, 将星系分为纤维结构以内的星系(即距离纤维结构轴的距离 $R < 1$ Mpc/h的星系)和纤维结构外的星系(距离 $R > 1$ Mpc/h), 并结合MPA-JHU的星系SFR、SSFR、质量等数据, 统计出不同的纤维结构环境下恒星形成率随质量的变化关系.

图2将星系分为椭圆星系和漩涡星系, 由图显示出漩涡星系的SFR和SSFR要比椭圆星系高, 这是因为椭圆星系中维里温度高, 冷气体少, 所以恒星形成活动少. 此外, 从图中可以看出纤维结构环境对SFR有一定影响. 而对于SSFR影响要相对小一些, 这可能是由于星系质量分布引起的. 于是我们分别考察星系质量在低质量区间($10^9 - 10^{10} M_{\odot}$, 图3)和高质量区间($10^{10} - 10^{11} M_{\odot}$, 图4)情况下的SFR和SSFR分布, 并给出样本分布平均值数据见表3. 发现: 1. 在同等质量(同一个质量区间)情况下, 大尺度环境对漩涡星系的SFR和SSFR都有显著的影响, 特别是在高质量区间, 纤维结构外星系的SFR和SSFR都要比纤维结构内的大, 而在低质量区间, 对于漩涡星系而言正好是反过来的(但不够明显). 2. 椭圆星系的SFR和SSFR分布对什么样的大尺度环境并不敏感. 按照等级成团模型, 椭圆星系是较早形成的, 一般居于星系群(团)的中心, 与外围交流很少, 属于中心星系, 星系内恒星形成活动很弱, 而卫星星系多数是诞生于外围的年轻的漩涡星系, 维里温度比较低, 冷气体含量高, SFR和SSFR都高.

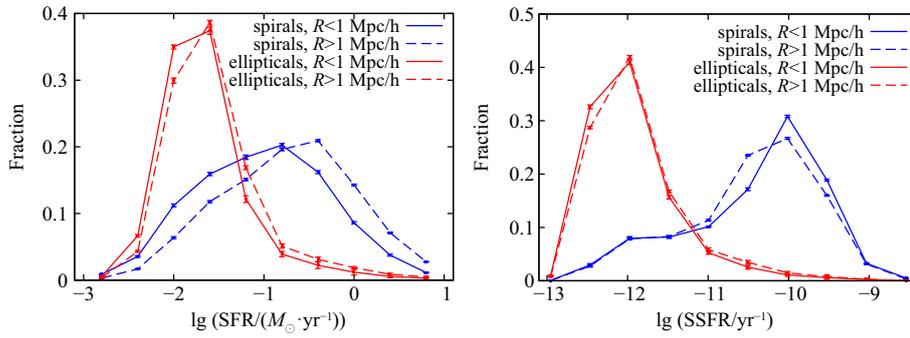


图 2 不同大尺度环境下的SFR(左)和SSFR(右)的概率分布, 其中椭圆星系(红色)和漩涡星系(蓝色)用颜色分类, 而星系在纤维结构内(即 $R < 1$ Mpc/h, 实线)和外($R > 1$ Mpc/h, 虚线)则用不同的线型表示。

Fig. 2 SFR (left) and SSFR (right) distributions in different large-scale environments: the red lines for the elliptical galaxies and the blue lines for the spiral galaxies, the solid lines for the galaxies in the filament ($R < 1$ Mpc/h) and the dashed lines for the galaxies out the filament ($R > 1$ Mpc/h), respectively

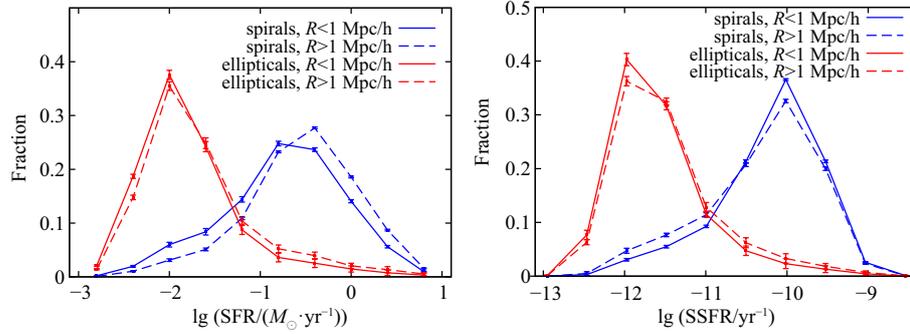


图 3 星系在低质量区间时, 不同大尺度环境下的SFR(左)和SSFR(右)的概率分布, 其中颜色和线型代表的意义同图2。

Fig. 3 SFR (left) and SSFR (right) distributions at the low mass in different large-scale environments. The meanings of color and linetype are the same as Fig.2.

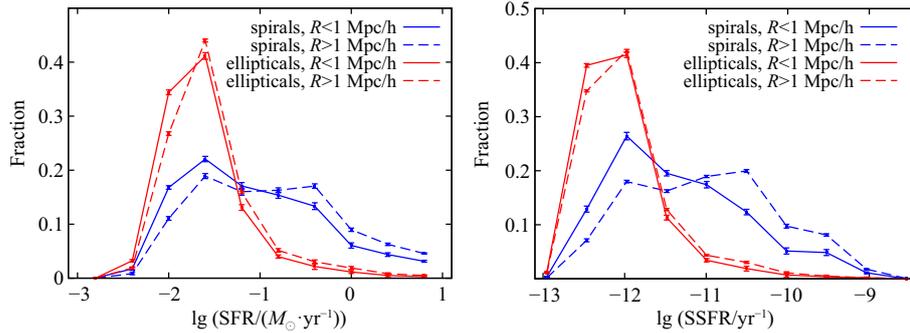


图 4 星系在高质量区间时, 不同大尺度环境下的SFR(左)和SSFR(右)的概率分布, 其中颜色和线型代表的意义同图2。

Fig. 4 SFR (left) and SSFR (right) distributions at the high mass in different large-scale environments. The meanings of color and linetype are the same as Fig.2.

表 3 各个样本 SFR 和 SSFR 分布的均值
Table 3 The mean values of the SFR and SSFR of each sample

MEAN(SFR)	$R < 1$ Mpc/h	$R > 1$ Mpc/h
spirals	-1.01 ± 0.01	-0.85 ± 0.03
ellipticals	-1.66 ± 0.08	-1.55 ± 0.10
low mass, spirals	-0.74 ± 0.05	-0.62 ± 0.04
low mass, ellipticals	-1.78 ± 0.11	-1.69 ± 0.13
high mass, spirals	-1.05 ± 0.12	-0.84 ± 0.05
high mass, ellipticals	-1.61 ± 0.09	-1.51 ± 0.11
low density	-1.14 ± 0.05	-0.98 ± 0.03
high density	-1.55 ± 0.16	-1.57 ± 0.16
low mass, low density	-0.88 ± 0.08	-0.71 ± 0.07
low mass, high density	-1.44 ± 0.19	-1.47 ± 0.19
high mass, low density	-1.29 ± 0.23	-1.13 ± 0.22
high mass, high density	-1.62 ± 0.14	-1.63 ± 0.15
MEAN(SSFR)	$R < 1$ Mpc/h	$R > 1$ Mpc/h
spirals	-10.44 ± 0.23	-10.39 ± 0.20
ellipticals	-11.94 ± 0.12	-11.88 ± 0.14
low mass, spirals	-10.32 ± 0.14	-10.22 ± 0.11
low mass, ellipticals	-11.58 ± 0.11	-11.51 ± 0.13
high mass, spirals	-11.34 ± 0.14	-11.14 ± 0.06
high mass, ellipticals	-12.03 ± 0.10	-11.95 ± 0.12
low density	-10.72 ± 0.26	-10.84 ± 0.16
high density	-11.28 ± 0.26	-11.23 ± 0.22
low mass, low density	-10.51 ± 0.18	-10.37 ± 0.15
low mass, high density	-11.10 ± 0.21	-11.12 ± 0.20
high mass, low density	-11.59 ± 0.24	-11.47 ± 0.25
high mass, high density	-11.93 ± 0.15	-11.94 ± 0.16

此外, 星系所处的局域密度对星系的恒星形成率有重要影响, 研究表明高局域密度区的星系其 SFR 总是要比局域密度区的低, 图 5 中也证实了这一结果. 这是由于在高局域密度区的星系群(团)会吸积附近的星系, 由于星系群中星系之间的引力潮汐力、超新星、活动星系核等各种负反馈机制作用, 这些进入星系团中的星系的恒星形成活动会受到抑制, 从而比那些相对独立的场星系的恒星形成率要低. 另外我们选择将 $N_{\text{rich}}=1$ 的星系为极低局域密度区域星系, $N_{\text{rich}} > 17$ 的星系为极高局域密度区域星系, 并分别考察星系在低质量区间(图 6)和高质量区间(图 7)情况下的 SFR 和 SSFR 分布, 同样样本分布均值见表 3. 图中表明纤维结构环境对极低局域密度区域星系的 SFR 和 SSFR 都有相

当的影响, 星系的SSFR在纤维结构外要比在纤维结构内低, 这与图1的结论是一致的. 但纤维结构环境对极高局域密度区域星系几乎没有影响. 在同等质量下, 极低局域密度区星系中纤维结构外的星系的恒星形成率比纤维结构内的高. 而在不同的质量区间里, 极低局域密度区星系的SSFR的表现是迥异的. 对于极高局域密度区星系来说, 其SFR和SSFR分布, 对纤维结构的环境都不敏感. 这样的结果是易于理解的: 星系团内的星系的SFR和SSFR受到局域环境的影响很大, 因此很难再对更大尺度的环境因素有所依赖. $N_{\text{rich}}=1$ 的极低局域密度区星系所受到的影响就是其所在区域的影响, 因其局域环境并非维里化环境, 所以局域环境跟大尺度环境是一致的.

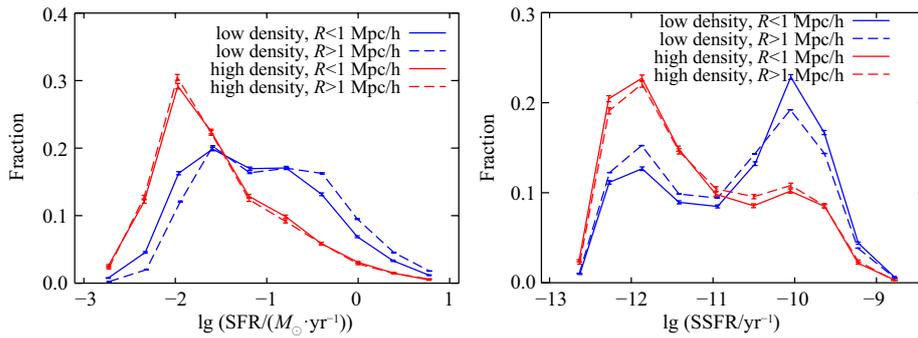


图 5 不同大尺度环境下的SFR(左)和SSFR(右)的概率分布. 其中红色代表极高局域密度区域星系, 蓝色代表极低局域密度区域星系, 而实线代表星系在纤维结构内(即 $R < 1$ Mpc/h), 虚线代表星系在纤维结构外($R > 1$ Mpc/h).

Fig. 5 SFR (left) and SSFR (right) distributions in different large-scale environments: the red lines for the high density galaxies and the blue lines for the low density galaxies, the solid lines for the galaxies in the filament ($R < 1$ Mpc/h) and the dashed lines for the galaxies out the filament ($R > 1$ Mpc/h), respectively

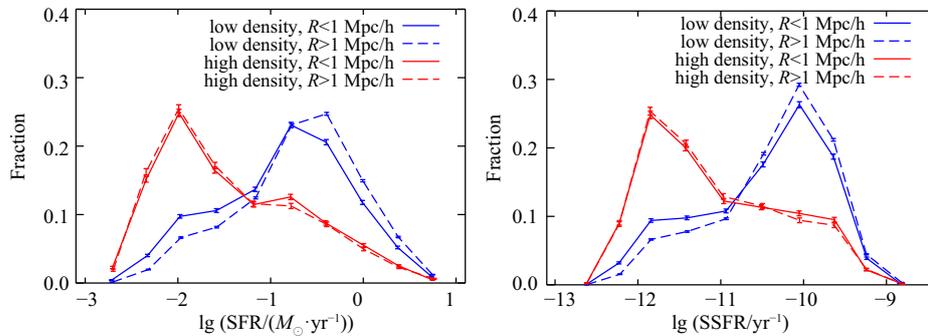


图 6 在低质量区间时, 不同大尺度环境下的SFR(左)和SSFR(右)的概率分布, 其中颜色和线型代表的意义同图5.

Fig. 6 SFR (left) and SSFR (right) distributions at the low mass in different large-scale environments. The meanings of color and linetype are the same as Fig.5.

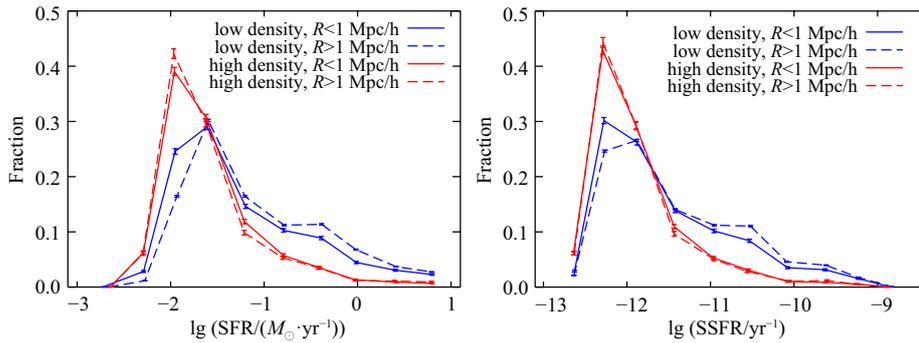


图 7 在高质量区间时, 不同大尺度环境下的SFR(左)和SSFR(右)的概率分布, 其中颜色和线型代表的意义同图5.

Fig. 7 SFR (left) and SSFR (right) distributions at the high mass in different large-scale environments. The meanings of color and linetype are the same as Fig. 5.

3.2 来自Wang等^[8]编目的统计

本节我们使用来自Wang等^[8]对大尺度环境分类的星系编目, 来研究大尺度环境对SFR和SSFR的影响. 由于Wang等^[8]的编目在物理上对星系群(包括其内星系)所在大尺度环境有着明确且唯一的分类, 所以很适合拿来研究我们的课题. 但由于Wang等^[8]的编目并没有给出大尺度结构的相关位置信息, 所以我们无法给出相关物理量的空间分布情况. 本节我们主要讨论SSFR在不同大尺度环境下的概率分布. 由于Wang等^[8]的编目是基于Yang等^[9-10]的星系群编目, 而这个星系群编目很好地区分了中心星系和卫星星系, 所以我们将计算中区分这两种星系类型, 而非之前的星系形态来讨论问题. 由图8我们发现: 1. 卫星星系的SSFR普遍比中心星系高. 2. 从团状结构、纤维状结构到片状结构、空洞对SSFR的影响是依次变化的, 很有规律: 相同类型星系的SSFR在这4种大尺度环境中的大小依次是团状结构 < 纤维状结构 < 片状结构 < 空洞, 说明星系在这几种不同环境下的形成时刻不一样, 在团状结构, 星系形成较早, 颜色较红, 其当前SSFR较低. 3. 团状结构中心星系和空洞卫星星系的SSFR分布相对集中一些. 图9则告诉我们: 1. SSFR分布是否集中主要是由星系质量决定的, 高质量区间的无论卫星星系还是中心星系都分布集中, 表现为单峰; 2. 但如果是在相同质量区间内, 处在团状结构环境中的星系的SSFR分布要比其他环境中稍微集中一些. 3. 卫星星系的SSFR分布比中心星系的更依赖于大尺度环境, 特别是在低质量区间. 以上结论与宇宙结构的等级成团模型是一致的. 越小的、暂未脱离大尺度环境的结构越容易受到所在环境的影响. 而大的维里化的天体则基本脱离了背景而独立演化, 其内星系主要受局域环境影响. 随后我们项目组将有文章来详细讨论这个问题.

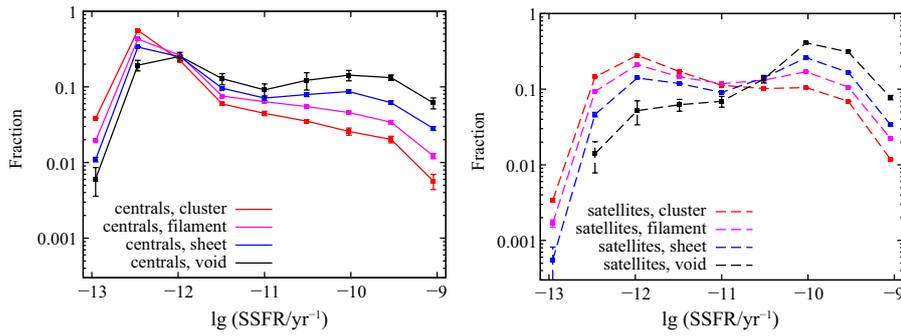


图 8 不同大尺度环境内SSFR的分布, 其中左图实线是中心星系的, 右图虚线是卫星星系的. 误差棒来自50个bootstrap实现.

Fig. 8 SSFR distributions in different large-scale environments. The solid lines for the central galaxies (left) and the dashed lines for the satellite galaxies (right). The error bars are from fifty bootstrap error estimation.

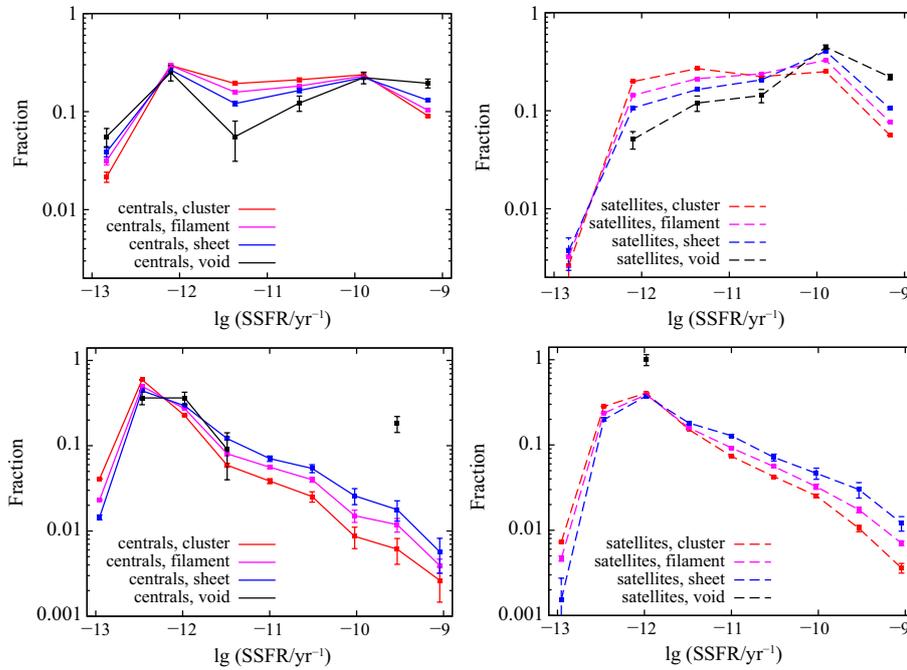


图 9 不同星系质量区间、不同大尺度环境内SSFR的分布情况. 上面两图为低质量区间的SSFR分布; 下面两图为高质量区间的SSFR分布. 线型和颜色的意义同图8.

Fig. 9 SSFR distributions at low mass range (top) and high mass range (bottom) in different large-scale environments. The meanings of color and linetype are the same as Fig. 8.

4 结论

为了了解大尺度环境对星系性质的影响, 我们分别利用了来自Tempel等^[6]的基于SDSS DR8的纤维状结构编目和来自Wang等^[8]的基于Yang等^[9-10]星系群样本(基

于SDSS DR7)的大尺度结构分类的星系编目,并考虑了星系形态、高低局域密度环境、中心(卫星)星系影响.通过大样本统计方法来得到不同环境下的星系性质与大尺度环境的关系.我们发现:

1. 不同大尺度环境对漩涡星系和卫星星系的SSFR和SFR都有显著影响,但对椭圆星系和中心星系的影响很小,即使在固定星系质量的情况下该结论依然成立.

2. 低局域密度区域的星系比在高局域密度区域中的星系对不同大尺度环境更敏感.即使在相同星系质量的情况下该结论依然成立.

3. 从Tempel等^[6]的编目统计中可以看到星系的平均质量和SFR随着远离纤维结构轴心距离 R 的增加而增加,而SSFR是降低的.

4. 由Wang等^[8]的编目统计可以看出卫星星系的SSFR要高于中心星系的,而且随着大尺度环境由密至疏,SSFR的分布是依次变化的,高密区的SSFR要低于低密区的.最后高质量区间的SSFR分布要比低质量区间的更集中一些.

经过对比不难发现,来自Tempel等^[6,35]的编目的统计与来自Wang等^[8]的在SSFR分布上并不一致,起码在低质量端.这说明一方面纤维状结构环境的影响对于SSFR来说不像之前预料的那么简单,另一方面也说明Tempel等^[6]的找纤维结构算法值得进一步改进,比如不应该选取一个固定的半径作为纤维结构的粗细,不应该把团状结构、片状结构的部分归到纤维结构中去,再比如要考虑星系形态、质光比等因素而不单纯依靠星系数密度.另外Wang等^[8]的大尺度环境分类虽然很好,但空间上不能把纤维结构连起来,也算是一大遗憾.最近我们正综合Tempel^[6]和Wang等^[8]的优点改进了找纤维结构方法,相关方法将在不久后的文章中给出.

参 考 文 献

- [1] Zeldovich Y B. A&A, 1970, 5: 84
- [2] Bond J R, Kofman L, Pogosyan D. Nature, 1996, 380: 603
- [3] Stoica R S, Gregori P, Mateu J. SPA, 2005, 115: 1860
- [4] Stoica R S, Martinez V J, Saar E. JRSSC, 2007, 56: 459
- [5] Stoica R S, Martinez V J, Saar E. A&A, 2010, 510: A38
- [6] Tempel E, Stoica R S, Martinez V J, et al. MNRAS, 2014, 438: 3465
- [7] Cautun M, van de Weygaert R, Jones B J T, et al. MNRAS, 2014, 441: 2923
- [8] Wang H, Mo H J, Yang X, et al. MNRAS, 2012, 420: 1809
- [9] Yang X, Mo H J, van den Bosch F C, et al. MNRAS, 2005, 356: 1293
- [10] Yang X, Mo H J, van den Bosch F C, et al. ApJ, 2007, 671: 153
- [11] Cautun M, van de Weygaert R, Jones B J T. MNRAS, 2013, 429: 1286
- [12] Balogh M L, Baldry I K, Nichol R, et al. ApJ, 2004, 615: L101
- [13] Blanton M R, Eisenstein D, Hogg D W, et al. ApJ, 2005, 629: 143
- [14] Kauffmann G, White S D M, Hechman T M, et al. MNRAS, 2004, 353: 713
- [15] Bamford S P, Nichol R C, Baldry I K, et al. MNRAS, 2009, 393: 1324
- [16] Weinmann S M, van den Bosch F C, Yang X, et al. MNRAS, 2006, 366: 2
- [17] Weinmann S M, van den Bosch F C, Yang X, et al. MNRAS, 2006, 372: 1161
- [18] Deng X F, Song J, Chen Y Q, et al. ApJ, 2012, 753: 166
- [19] 方官文, 马仲阳, 孔旭. 天文学报, 2015, 56: 425
- [20] 方官文, 马仲阳, 陈洋, 等. 天文学报, 2015, 56: 7
- [21] Fang G W, Ma Z Y, Chen Y, et al. ChA&A, 2015, 39: 307

- [22] 方官文, 马仲阳, 陈洋, 等. 天文学报, 2014, 55: 458
- [23] Fang G W, Ma Z Y, Chen Y, et al. ChA&A, 2014, 38: 156
- [24] Balogh M L, Morris S L, Yee H K C, et al. ApJ, 1997, 488: L75
- [25] Balogh M L, Schade D, Morris S L, et al. ApJ, 1998, 504: L75
- [26] Lewis I, Balogh M, Propris R D, et al. MNRAS, 2002, 334: 673
- [27] Deng X F. ApJ, 2010, 721: 809
- [28] Guo Q, Temple E, Libeskind N I. ApJ, 2015, 800: 112
- [29] Beygu B, Kreckel K, van der Hulst J M, et al. astro-ph/1501.02577
- [30] Alam S, Albareti F D, Prieto C A, et al. ApJS, 2015, 219: 12
- [31] Aihara H, Allende Prieto C, An D, et al. ApJS, 2011, 193: 29
- [32] Brinchmann J, Charlot S, White S D M, et al. MNRAS, 2004, 351: 1151
- [33] Kauffmann G, Heckman J M, White S D M, et al. MNRAS, 2003, 341: 33
- [34] Blanton M R, Schlegel D J, Strauss M A, et al. AJ, 2005, 129: 2562
- [35] Tempel E, Tago E, Liivamagi L J. A&A, 2012, 540: A106

The Influence of the Large-scale Environment on Galaxy Property

WEI Yu-qing^{1,2} WANG Lei¹ DAI Cai-ping¹

(1 Purple Mountain Observatory, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)
(2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

ABSTRACT The properties of star formation in galaxies and their dependence on environment play an important role in understanding the formation and evolution of galaxies. Using the galaxy sample of the Sloan Digital Sky Survey (SDSS), different groups have studied the physical property and the large-scale environment of galaxies. Here we use the filament catalog from Tempel et al. and classified galaxies catalog from Wang et al., considering the affect of shape of galaxies, high and low local density environment, and central (satellite) galaxies. It is found that the properties of galaxies and the large-scale environment are related: the SSFR (specific star formation rate) and SFR (star formation rate) strongly depend on large-scale environment only for spiral galaxies and satellite galaxies, but this dependence is very weak for elliptical galaxies and the central galaxies, and the influence of large-scale environment on galaxies in low density region is more sensitive than that in high density region. The above conclusion remains valid even for the galaxies with the same mass. In addition, the SSFR distributions from Tempel et al.'s catalog and Wang et al.'s catalog are not entirely consistent.

Key words cosmology: large-scale structure of Universe, galaxies: star formation rate