

A2199 中心区域成员星系的光度函数

闫鹏飞¹,袁启荣²

(1. 青岛科技大学数理学院, 山东 青岛 266061)
(2. 南京师范大学物理科学与技术学院, 江苏 南京 210023)

[摘要] 研究了邻近富星系团 A2199 中心区域一个 Abell 半径范围内的 343 颗成员星系在 g 、 r 、 i 3 个波段的光度函数,发现与以前研究的星系团的光度函数并不完全一致,而与场星系的光度函数不存在明显差异. 通过对星系进行分类,证实星系光度函数与其颜色分布和局域数密度均密切相关.
[关键词] 星系团,成员星系,光度函数
[中图分类号] P141.2 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2013)01-0037-06

Luminosity Functions for Member Galaxies in Central Region of A2199

Yan Pengfei¹, Yuan Qirong²

(1. School of Mathematics and Physics, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao 266061, China)
(2. School of Physics and Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: The composite luminosity functions (LFs) of 343 member galaxies of one Abell radius in the central region of the nearby rich galaxy cluster A2199 in the g , r and i bands are studied, and they are found not to be completely consistent with previous studies of the cluster LFs, and not significantly different from the LFs of field galaxies. Based on the classifications for the member galaxies, the tight correlations of LF with the color distribution and the local number density of galaxies are confirmed.
Key words: cluster of galaxies, member galaxies, luminosity function

星系团是星系和环境相互作用及经历各种演化过程的重要场所,自 20 世纪 50 年代由 Abell^[1] 首次获得 2 712 个富星系团的目录表以来,星系团引起了人们越发广泛的研究兴趣,其中的一个重要方面就是研究星系团中成员星系的光度函数. 光度函数给出了星系的光度分布情况,它对于研究分析团星系在强引力场环境中的形成和演化理论提出了强烈的观测制约^[2-4],特别是通过对多个波段光度函数的分析可进一步用于探究星系群的恒星形成历史和演化进程等^[5].
早在 20 世纪 70 年代, Schechter^[6] 就提出了有关光度函数的解析表达式,即为人熟知的 Schechter 函数,每单位星等区间的星系密度的表达式为

$$\phi(M) = \phi^* 10^{0.4(\alpha+1)(M^*-M)} \exp[-10^{0.4(M^*-M)}],$$

其中, ϕ^* 为星系密度的归一化因子, α 和 M^* 分别为光度函数暗端的陡度及其特征星等.
由于 Schechter 函数具有连续性、解析性,又确是一个真正的统计分布函数,从而为多数研究者采用. 近 30 多年来,人们利用 Schechter 函数对不同波段、不同星系类型及不同环境下的星系光度函数进行了研究. 早期的星系光度函数研究的一个核心问题是光度函数在形状上是否全同^[7,8]. Schechter^[6] 提出其形状是一致的($\alpha \approx -1.25$),只是 ϕ^* 值不同而已,后来的一些研究^[9,10] 支持了 Schechter 的这种观点;也有一些研究^[11,12] 表明星系光度函数的形状是不同的. 最近的研究表明,环境效应对有些星系团的光度函数的作用是显著的^[13,14],并且不同哈勃形态类型的星系光度函数也不相同^[15,16].
A2199 是典型的邻近富星系团,其中心星系的红移为 0.030 5,中心主导星系 NGC6166 是一颗巨椭圆

收稿日期:2012-02-12.
基金项目:山东省优秀中青年科学家科研奖励基金(BS2012SF006).
通讯联系人:闫鹏飞,讲师,研究方向:星系天文. E-mail: pfyang0822@sina.com

星系,中心对应着射电源 3C 338,并且其周围存在着红移相近的星系团(如 A 2197)和一些 X-ray 辐射源,因此 A2199 一直是近邻星系团多波段观测的重要目标^[17,18]. 近年来,Sloan Digital Sky Survey (SDSS)第六批数据的释放(DR6)提供了包含 A2199 中心位置($16^{\text{h}}28^{\text{m}}37.0^{\text{s}}$, $+39^{\circ}31'28''$, J2000.0)一个 Abell 半径(即 $1.5 \text{ h}^{-1} \text{ Mpc}$,在 A2199 的距离上对应着 59.13 arcmin)区域的观测数据,贡献了大量亮星系($r < 17^{\text{m}}.77$)的光谱资料^[19]. 结合河外星系数据库 NED(NASA/IPAC EXTRAGALACTIC DATABASE)中有关该天区的星系数据,获得了该天区星系的光谱红移分布. 采用 3σ -clipping 方法,我们选取了 343 颗星系为 A2199 的成员星系,其红移值集中分布于 $0.02 \sim 0.04$ 之间. 根据 SDSS 光谱巡天的完备程度,该成员星系样本在 $M_r < -17^{\text{m}}.75$ 的范围内具有较高的完备性($>90\%$),非常适合开展星系光度函数方面的研究.

目前在光度函数方面进行过深入研究的星系团只有几个,比如 Coma^[2,20,21]、Virgo^[16,22]、A2151^[23]、A566^[15]和 A496^[24]星系团. 本文给出了 A2199 中心区域一个 Abell 半径范围内的 343 颗成员星系在 g 、 r 、 i 3 个波段的绝对光度分布,并根据星系的颜色分布及星系的局域数密度将整个星系样本分别形成子样本,分别拟合其光度函数,寻求光度函数对颜色和局域密度的依赖关系.

1 数据

星系团 A2199 的红移值为 $z=0.0305$,其距离模数 $\mu = m - M = 35.60$ (采用的宇宙学参数是 $\Omega_m = 0.3$, $\Omega_\Lambda = 0.7$ 和 $H_0 = 70 \text{ kms}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$). 假设成员星系具有相同的距离模数,由 343 颗成员星系在 u 、 g 、 r 、 i 、 z 5 个波段的视星等,我们可求得 343 颗成员星系在 g 、 r 、 i 三波段的绝对星等值.

2 光度函数及结果分析

分析光度函数时,通常采用的拟合函数为 Schechter 函数和 Gaussian 函数^[16]以及它们的线性组合^[2]. 本文采用 Schechter 函数这种更普遍的分析方法.

2.1 343 颗成员星系整体的光度函数

我们取 $\Delta M = 0^{\text{m}}.5$ 进行星系数,样本的绝对星等覆盖了 $-23^{\text{m}} \sim -17^{\text{m}}.2$ 的光度范围.

图 1 是 343 颗成员星系在 g 、 r 、 i 3 个波段的光度函数及其 χ^2 最小拟合结果,其拟合参数(M^* 和 α)的结果在图 1 左侧给出,右侧给出的是拟合参数的 $1 \sim 3\sigma$ 误差椭圆.

从图 1 可以看出,343 颗成员星系在 g 、 r 、 i 3 个波段的光度函数图形在暗端有继续延展的趋势,类似于 Coma 星系团中心区域的星系光度函数. 值得注意的是,由于在最暗端光度区间的星系数数是不完备的,最右侧的数据点没有用于 Schechter 函数的拟合.

Schechter 函数中的 M^* 和 α 分别表示光度函数的特征亮度及其暗端陡度. 其中 M^* 对于峰值处的光度敏感些,而 α 则对于暗端不同亮度区间上的相对星系个数比较敏感一些. 我们用 Schechter 函数拟合 r 波段光度函数的结果($M_r^* = -21.30 \pm 0.17$, $\alpha = -0.96 \pm 0.09$)与 Rines & Geller^[22]研究得到 A2199 在 r 波段光度函数的结果($M_r^* = -21.11_{-0.25}^{+0.21}$, $\alpha = -1.13_{-0.06}^{+0.07}$) 在误差范围内基本吻合,而与其得到的 Virgo 星系团在 r 波段光度函数指数($\alpha = -1.28 \pm 0.06$)相差较大;并与 Andreon^[21]利用 SDSS 的转化结果所得 A1656(Coma 团)在 V 波段的光度函数指数 $\alpha = -1.02 \pm 0.05$ 基本一致.

Garilli 等^[25]研究得到 65 个星系团(44 个 Abell 星系团和 21 个 X-ray 星系团)的星系样本($-23.0 < M_r < -17.5$)在 r 波段光度函数的结果是: $M_r^* = -22.16 \pm 0.15$, $\alpha = -0.95 \pm 0.07$. 可见,我们得到 r 波段的光度函数指数与该结果吻合得很好,但特征星等值 M_r^* 却比我们的亮了近 0.9 个星等,这应该是源于星系样本的不同.

Blanton 等^[26]研究 SDSS 场星系光度函数在 g 、 r 、 i 3 个波段的结果(取 $h=0.7$)分别是: ($M_g^* = -20.16 \pm 0.02$, $\alpha = -0.89 \pm 0.03$)、($M_r^* = -21.21 \pm 0.01$, $\alpha = -1.05 \pm 0.01$)和 ($M_i^* = -21.59 \pm 0.02$, $\alpha = -1.00 \pm 0.02$). 应该指出,考虑到误差以及星等转换等不确定因素,我们的拟合结果与上述场星系的研究结果吻合得很好. Blanton 等^[27]进一步研究了 SDSS DR2 中大量极其低亮度的场星系在 g 、 r 、 i 3 个波段的光度函数,得出光度函数在暗端的陡度达到了 $\alpha \approx -1.40$,这与我们的结果相差较大,可能是由于 SDSS 没有探测到在 A2199 区域的大量暗星系,以致统计样本不够完备,影响了对星系光度函数在暗端的制约. 总的来说,

A2199 的光度函数与场星系相比差别并不是很大,该结论与 Rines & Geller^[22] 的结论一致.

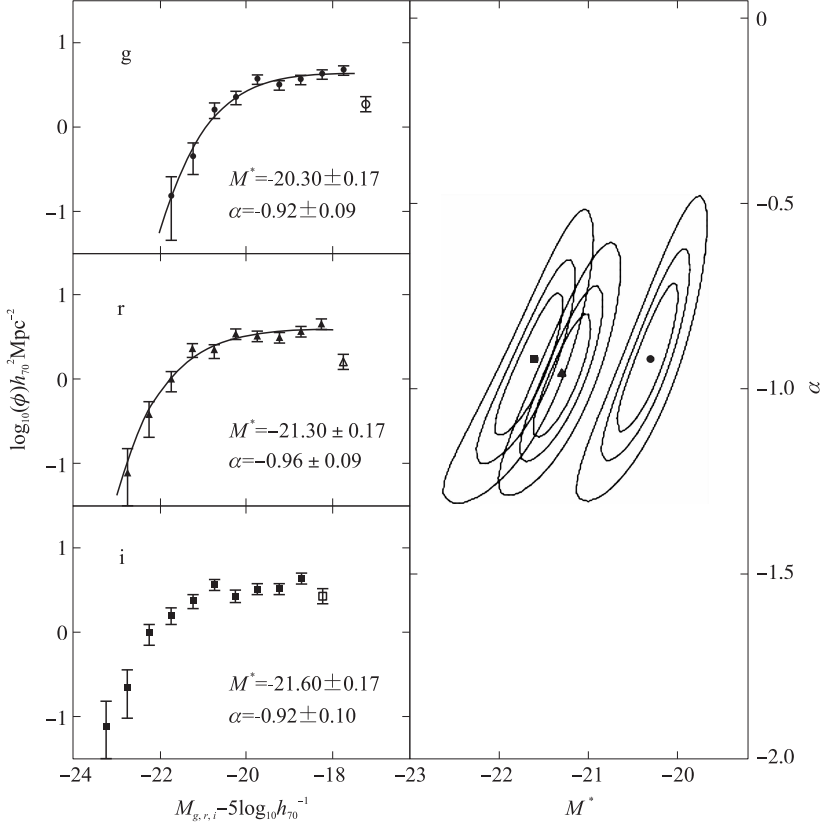


图1 343 颗成员星系在 g, r, i 3 个波段的光度函数

Fig. 1 Luminosity functions of 343 member galaxies in the SDSS g, r, i bands

2.2 不同颜色分布的星系光度函数

每一种形态的星系的颜色分布(即 SED)是不同的,Strateva 等^[28] 研究发现 SDSS 中星系的色分布($u-r$)图中很明显地分成 2 大星系族,且 $u-r=2.2$ 可以很好地作为不同形态星系的分界线. 本文采用上述分类方法,取 $u-r>2.2$ 的星系为红星系, $u-r \leq 2.2$ 的星系为蓝星系,这样我们将 343 颗成员星系样本分成了 226 颗红星系和 117 颗蓝星系 2 大部分,分别分析了它们的光度函数,并以此讨论星系光度函数与星系颜色分布的关系.

图 2 是红星系和蓝星系在 g, r, i 3 个波段的光度函数及其拟合结果,其左半部分是红星系的光度函数,右半部分给出蓝星系的光度函数.

由图 2 所得光度函数的形状及 α 参数均可见,蓝星系光度函数的暗端陡度较大,而红星系光度函数的暗端平缓些,这说明星系光度函数与星系的颜色分布密切相关:不同颜色分布的星系光度函数明显不同. 上述结果与以前的研究结果一致,如 Marinoin 等^[29] 对不同哈勃类型的星系光度函数进行了比较研究,发现晚型星系的光度函数图形要比早型星系的更陡一些;文^[15] 对 A566 成员星系中早型星系和晚型星系在 R 波段的光度函数进行了研究,从图形及拟合结果($\alpha_{\text{early}} = -0.46 \pm 0.17$ 和 $\alpha_{\text{late}} = -2.20 \pm 0.24$) 均可见晚型星系的光度函数形状明显要比早型星系的陡些;Goto 等^[30] 采用与本文一样的分类方法对 SDSS 中早型星系和晚型星系的光度函数进行了研究,得到早型星系在 g, r, i 3 个波段光度函数的暗端陡度分别为: $\alpha_g = -1.03 \pm 0.06$ 、 $\alpha_r = -0.97 \pm 0.02$ 和 $\alpha_i = -0.58 \pm 0.07$,而晚型星系的结果为: $\alpha_g = -1.38 \pm 0.05$ 、 $\alpha_r = -1.41 \pm 0.06$ 和 $\alpha_i = -1.23 \pm 0.08$,晚型星系的光度函数形状明显要比早型星系的陡些.

从以上结果来看,蓝星系对光度函数暗端的约束作用较显著,这与最早 Binggeli^[31] 的提论相一致,即认为团星系光度函数的亮端是由光度分布类似于高斯分布的亮的早型星系(或红星系)占主导,而其暗端是由光度分布类似于幂律函数的晚型星系(或蓝星系)占主导;Adami^[32]、Rakos^[33] 和 Dressler^[34] 的研究工作也支持了这一论点.

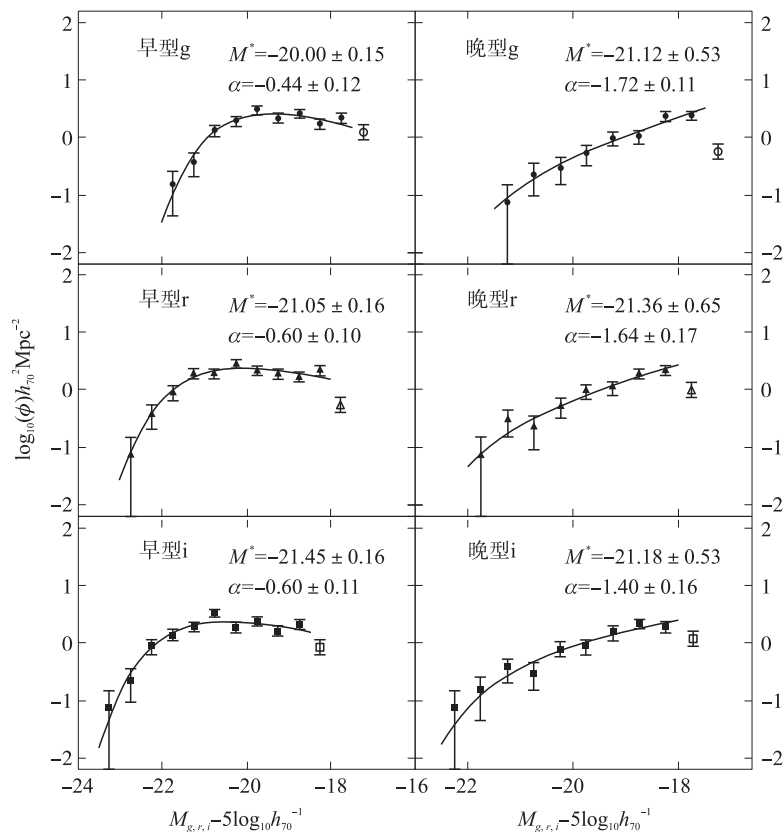


图 2 226 颗红星系和 117 颗蓝星系在 g,r,i 3 个波段的光度函数

Fig.2 LFs of Red and Blue galaxies in the SDSS g,r,i bands

2.3 不同密度区域的星系光度函数

不同环境下的星系,它们的形成和演化过程是不同的. 加速的恒星形成以及星系的合并可能会增加星系团中心区域星系的亮度^[2],并导致在低密度环境区域的亮星系要比高密度区域的星系亮将近 5 倍(约 1.7 个星等)^[4]. 我们采用文[15]和文[35]中计算星系的局域数密度的方法(即对于每一颗成员星系找出投影距离最近的 10 颗星系,这 10 颗星系定义了一个圆,用 10 除以这个圆面积可得到该成员星系的局域数密度),将 343 颗成员星系样本分成数量大致相等的两个子样本:173 颗高密度区域星系和 170 颗低密度区域星系,并以此分析了星系光度函数与星系所处的环境密度的关系.

图 3 给出了高密度区域星系和低密度区域星系在 g,r,i 3 个波段的光度函数及其拟合结果,其左侧是低密度区域星系的光度函数,右侧给出了高密度区域星系的光度函数.

由图 3 我们发现高密度区域星系和低密度区域星系在 g,r,i 3 个波段光度函数的形状不同,低密度区域的星系光度函数在暗端的陡度较大,而高密度区域星系光度函数在暗端相对平缓,这说明星系光度函数也依赖于星系所处的环境密度:不同密度区域的星系光度函数是不同的. 这一结论与以前的研究结果吻合得很好,如文[15]得到高密度区域和低密度区域的星系光度函数指数分别为 $\alpha_{\text{dense}} = -0.65 \pm 0.18$ 和 $\alpha_{\text{sparse}} = -2.00 \pm 0.20$,从得到的图形及拟合结果可见,低密度区域星系的光度函数图形在暗端明显要陡些;另外,Lopez-Cruz 等^[36]研究得出贫星系团的星系光度函数的暗端要比富星系团星系光度函数的暗端陡些,并指出星系光度函数的暗端陡度与环境效应相关.

3 讨论与结论

通过对星系团 A2199 中心区域 343 颗成员星系在 g,r,i 3 个波段光度函数的研究,发现与以前研究的星系团光度函数并不完全一致,而与场星系的光度函数(考虑到拟合误差等不确定因素)不存在明显差别,这可能源于星系样本的观测深度不同,以及对于所获数据中团成员星系的筛选处理方法的差异. 另外,我们将星系样本按其颜色分布($u-r=2.2$ 为分界线)分成红星系和蓝星系 2 个子样本,按照星系的局域数

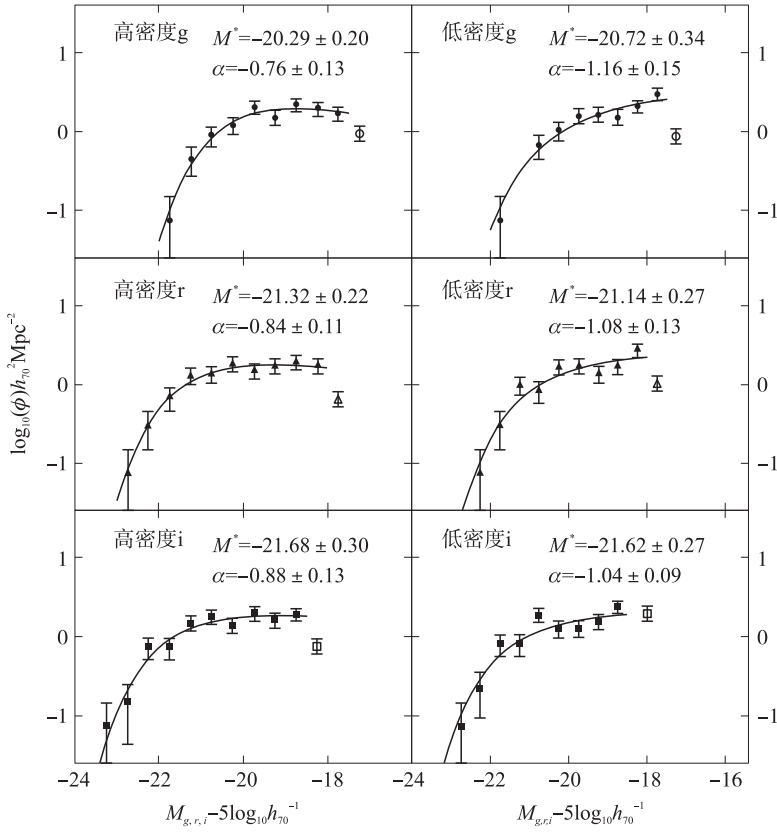


图3 高密度区域和低密度区域的星系光度函数

Fig. 3 LFs for galaxies in dense and sparse regions

密度分成高密度区域星系和低密度区域星系样本,并分别分析了它们的光度函数,发现光度函数与星系的颜色分布和局域数密度均密切相关.通过对比图3和图2,发现星系所处的环境密度对光度函数的影响类似于星系的形态类型对光度函数的影响,这似乎与 Dressler^[37,38]提出的形态-密度关系相吻合,即高密度区域(如星系团中心区域)由早型星系占主导,而低密度区域主要由晚型星系构成.由于星系团成员星系的光度函数与星系的颜色分布以及所处的环境密度等因素均相关,我们认为不容易找到一套普适的团星系光度函数.

应该指出,我们用于分析光度函数的星系统计样本还不够完备,因为大量的暗星系是SDSS所观测不到的,期待有更深度的观测数据用于进一步讨论星系光度函数.

[参考文献]

- [1] Abell G O. The distribution of rich clusters of galaxies[J]. *Astrophysical Journal Supplement*, 1958, 3: 211–288.
- [2] Biviano A, Durret F, Gerbal D, et al. On the galaxy luminosity function in the central regions of the Coma cluster[J]. *Astronomy and Astrophysics*, 1995, 297: 610–616.
- [3] Durret F, Gerbal D, Lobo C, et al. The rich cluster of galaxies ABCG 85. IV. Emission line galaxies, luminosity function and dynamical properties[J]. *Astronomy and Astrophysics*, 1999, 343: 760–774.
- [4] Hütsi G, Einasto J, Tucker D L, et al. Luminosity function and density field of the Sloan and Las Campanas Redshift Survey[J]. *Astronomy and Astrophysics*, 2002, (eprint arXiv:) astro-ph/0212327.
- [5] Adami C, Durret F, Mazure A, et al. Spatial variations of the optical galaxy luminosity functions and red sequences in the Coma cluster: clues to its assembly history[J]. *Astronomy and Astrophysics*, 2007, 462(2): 411–427.
- [6] Schechter P. An analytic expression for the luminosity function for galaxies[J]. *Astrophysical Journal*, 1976, 203: 297–306.
- [7] Edwin H. The luminosity function of nebulae. I. The luminosity function of resolved nebulae as indicated by their brightest stars[J]. *Astrophysical Journal*, 1936, 84: 158–179.
- [8] Kinman T D, Grasdalen G L, Rieke G H. Optical and infrared observations of the Jet of M87[J]. *Astrophysical Journal*, 1974,

194:1–20.

- [9] Lugger P M. Luminosity functions for nine Abell clusters[J]. *Astrophysical Journal*, 1986, 303:535–555.
- [10] Gaidos E J. The galaxy luminosity function from observations of twenty Abell clusters[J]. *Astronomical Journal*, 1997, 113: 117–129.
- [11] Dressler A. A comprehensive study of 12 very rich clusters of galaxies. I. Photometric technique and analysis of the luminosity function[J]. *Astrophysical Journal*, 1978, 223:765–775, 777, 779–787.
- [12] Popesso P, Biviano A, Böhringer H, et al. RASS-SDSS galaxy cluster survey. IV. A ubiquitous dwarf galaxy population in clusters[J]. *Astronomy and Astrophysics*, 2006, 445(1):29–42.
- [13] Lobo C, Biviano A, Durret F, et al. Environmental effects on the Coma cluster luminosity function[J]. *Astronomy and Astrophysics*, 1997, 317:385–392.
- [14] Durret F, Adami C, Lobo C. Environmental effects on the galaxy luminosity function in the cluster of galaxies Abell 496[J]. *Astronomy and Astrophysics*, 2002, 393:439–444.
- [15] Xiao Quanbao, Shao Zhengyi, Zhou Xu. Luminosity function of the cluster of galaxies Abell 566[J]. *Chinese Journal of Astronomy and Astrophysics*, 2007, 7(5):620–628.
- [16] Sandage A, Binggeli B, Tammann G A. Studies of the virgo cluster-part five-luminosity functions of virgo cluster galaxies[J]. *Astronomical Journal*, 1985, 90(1556):1 759–1 771.
- [17] Rines K, Mahdavi A, Geller M J, et al. X-ray-emitting groups in the infall region of Abell 2199[J]. *Astrophysical Journal*, 2001, 555(2):558–562.
- [18] Rines K, Geller M J, Diaferio A, et al. Mass profile of the infall region of the Abell 2199 supercluster[J]. *Astronomical Journal*, 2002, 124(3):1 266–1 282.
- [19] Montero-Dorta Antonio D, Prada Francisco. The SDSS DR6 luminosity functions of galaxies[J]. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2009, 399(3):1 106–1 118.
- [20] Milne M L, Pritchett C J, Poole G B, et al. The faint end of the luminosity function in the core of the coma cluster[J]. *Astronomical Journal*, 2007, 133:177–185.
- [21] Andreon S. The history of mass assembly of faint red galaxies in 28 galaxy clusters since $z=1.3$ [J]. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2008, 386(2):1 045–1 052.
- [22] Rines K, Geller M J. Spectroscopic determination of the luminosity function in the galaxy clusters A2199 and virgo[J]. *Astronomical Journal*, 2008, 135(5):1 837–1 848.
- [23] Sánchez-Janssen R, Iglesias-Páramo J, Mañoz-Tuñón C, et al. The V-band luminosity function of galaxies in A2151[J]. *Astronomy and Astrophysics*, 2005, 434(2):521–530.
- [24] Boué G, Adami C, Durret F, et al. The galaxy luminosity function of the Abell 496 cluster and its spatial variations[J]. *Astronomy and Astrophysics*, 2008, 479(2):335–346.
- [25] Garilli B, Maccagni D, Andreon S. Composite luminosity function of cluster galaxies[J]. *Astronomy and Astrophysics*, 1999, 342:408–416.
- [26] Blanton M R, Hogg D W, Bahcall N A, et al. The galaxy luminosity function and luminosity density at redshift $z=0.1$ [J]. *Astrophysical Journal*, 2003, 592(2):819–838.
- [27] Blanton M R, Lupton R H, Schlegel D J, et al. The properties and luminosity function of extremely low luminosity galaxies[J]. *Astrophysical Journal*, 2005, 631(1):208–230.
- [28] Strateva I, Ivezić Ž, Knapp G R, et al. Color separation of galaxy types in the sloan digital sky survey imaging data[J]. *Astronomical Journal*, 2001, 122(4):1 861–1 874.
- [29] Marinoni C, Monaco P, Giuricin G, et al. The nearby optical galaxy sample: the local galaxy luminosity function[J]. *Astrophysical Journal*, 1999, 521(1):50–63.
- [30] Goto T, Okamura S, McKay T A, et al. Composite luminosity functions based on the sloan digital sky survey "Cut and Enhance" galaxy cluster catalog[J]. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 2002, 54(4):515–525.
- [31] Binggeli B, Sandage A, Tammann G A. The luminosity function of galaxies[J]. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 1988, 26:509–560.
- [32] Adami C, Ulmer M P, Durret F, et al. A turn-over in the galaxy luminosity function of the Coma cluster core? [J]. *Astronomy and Astrophysics*, 2000, 353:930–936.

(下转第 63 页)

3 结论

建立了吸收液废水中 PO_3^{3-} 、 PO_4^{3-} 的离子色谱检测方法. 该方法简便快速,重现性好,精确度高,可满足氯磺酸和三氯化磷废气吸收液处理过程中 PO_3^{3-} 和 PO_4^{3-} 的中控分析要求. 也可用于其他废水中 PO_3^{3-} 和 PO_4^{3-} 的测定,适合批量样品的分析.

[参考文献]

[1] 何拥军,谢敏浩,罗世能,等. 碘量法测定因卡磷酸二钠中的亚磷酸盐[J]. 理化检验-化学分册,2007,43(5):413-415.
[2] 廖欢,吴良,俞于怀,等. 重铬酸钾法测定防锈颜料亚磷酸锌中的亚磷酸根[J]. 化工技术与开发,2009,38(7):44-45.
[3] 谢玉艳. 双甘膦生产废水中亚磷酸含量的测定[J]. 化工技术与开发,2011,40(9):42-43.
[4] 莫庆奎,卢军,袁静. 亚磷酸的含量测定方法探析[J]. 化工技术与开发,2009,38(3):33-34.
[5] 王海峰,李春燕,刘新侠. 钼酸铵分光光度法测定水中总磷的改进消解方法[J]. 中国给水排水,2009,25(16):81-83.
[6] 杨长晓,杜洪凤. 钼酸铵分光光度法测定工作场所空气中磷酸[J]. 中国卫生检验杂志,2008,18(6):1 103-1 104.
[7] Kumar S D, Venkatesh K, Maiti B. Determination of chloride in nuclear-grade boron carbide by ion chromatography[J]. Chromatographia,2004,59:243-245.
[8] 陆克平,卢俊. 离子色谱测定车用尿素中的氯离子[J]. 中国石油和化工标准与质量,2010,8(30):29-32.
[9] Kapinus E N, Revelsky I A, Ulogov V O, et al. Simultaneous determination of fluoride, chloride, nitrite, bromide, nitrate, phosphate and sulfate in aqueous solutions at 10^{-9} to $10^{-8}\%$ level by ion chromatography[J]. Journal of Chromatography B, 2004,800:321-323.
[10] 丁明军,杨慧中. 水中总磷和总氮含量的离子色谱测定法[J]. 分析化学研究报告,2012,3(40):381-385.
[11] Michalski R, Kurzyca I. Determination of nitrogen species(nitrate,nitrite and ammonia ions)in environmental samples by ion chromatography[J]. Polish Journal of Environmental Studies,2006,15(1):5-18.
[12] 张锦梅,王敬花,张习志等. IC法测定乙烯利水剂中乙烯利、亚磷酸、磷酸的含量[J]. 现代农药,2012,11(1):36-39.

[责任编辑:顾晓天]

(上接第 42 页)

[33] Rakos K D, Schombert J M, Odell A P, et al. Cluster populations in A115 and A2283[J]. Astrophysical Journal,2000,540(2):715-725.
[34] Dressler A, Smail I, Poggianti B M, et al. A spectroscopic catalog of 10 distant rich clusters of galaxies[J]. Astrophysical Journal Supplement Series,1999,122(1):51-80.
[35] Cowan N B, Ivezić Ž. The environment of galaxies at low redshift[J]. Astrophysical Journal,2008,674(1):13-16.
[36] Lopez-Cruz O, Yee H K C, Brown J P, et al. Are luminous cD halos formed by the disruption of dwarf galaxies? [J]. Astrophysical Journal,1997,475:97-101.
[37] Dressler A. Galaxy morphology in rich clusters-implications for the formation and evolution of galaxies[J]. Astrophysical Journal,1980,236:351-365.
[38] Dressler A, Oemler A J, Couch W J, et al. Evolution since $Z=0.5$ of the morphology-density relation for clusters of galaxies[J]. Astrophysical Journal,1997,490:577-591.

[责任编辑:顾晓天]