

# Light Variation Analysis of Nv Double Line Absorption System in the SDSS J101108 + 553407 Spectrum

Caijuan Pan<sup>1</sup>, Weirong Huang<sup>2</sup>, Ming Yao<sup>1</sup>, Meimei Lu<sup>1</sup>, Hongyan Huang<sup>1</sup>, Zhikao Yao<sup>1</sup>, Weijing Nong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Materials Science and Engineering, Baise University, Baise Guangxi

<sup>2</sup>Centre for Astrophysics, Guangzhou University, Guangzhou Guangdong

Email: 1412432070@qq.com

Received: Dec. 1<sup>st</sup>, 2016; accepted: Dec. 17<sup>th</sup>, 2016; published: Dec. 20<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Based on the second released data of Boss, we begin with a system research on the SDSS J101108 + 553407 spectrum. Within the observable scope of the coordinate system 5200 Å~8700 Å, we may recognize four narrow absorption systems with the red shifts of absorption lines 3.2983, 3.3431, 3.3542 and 3.3583 and find an obvious light variation phenomenon on the double line absorption system of Nv $\lambda\lambda$ 1238, 1242, and its equivalent width enhances 166% averagely.

## Keywords

SDSS J101108 + 553407, Absorption Line, Variation

---

# SDSS J101108 + 553407光谱中Nv双线吸收系统 光变分析

潘彩娟<sup>1</sup>, 黄伟荣<sup>2</sup>, 姚敏<sup>1</sup>, 陆美美<sup>1</sup>, 黄红艳<sup>1</sup>, 姚知考<sup>1</sup>, 农卫警<sup>1</sup>

<sup>1</sup>百色学院材料科学与工程学院, 广西 百色

<sup>2</sup>广州大学天体物理中心, 广东 广州

文章引用: 潘彩娟, 黄伟荣, 姚敏, 陆美美, 黄红艳, 姚知考, 农卫警. SDSS J101108 + 553407 光谱中 Nv 双线吸收系统光变分析[J]. 天文与天体物理, 2017, 5(1): 8-14. <http://dx.doi.org/10.12677/aas.2017.51002>

Email: 1412432070@qq.com

收稿日期: 2016年12月1日; 录用日期: 2016年12月17日; 发布日期: 2016年12月20日

## 摘要

利用BOSS第二次释放的数据, 我们对SDSS J101108+553407的光谱进行系统研究, 在观测坐标系5200 Å~8700 Å范围内, 可以证认出吸收线红移为3.2983, 3.3431, 3.3542, 3.3583的4个窄吸收系统, 我们发现Nv $\lambda$ 1238、1242双线吸收系统有明显的光变现象, 其等值宽度平均增强约166%。

## 关键词

SDSS J101108 + 553407光谱, 吸收线, 光变

## 1. 引言

类星体(QSO, quasar)是目前观测到的最遥远的天体之一, 类星体发出的光线到达观测者之前, 由于途径介质的吸收, 在类星体光谱中形成吸收线, 这些吸收体可以作为探测高红移宇宙的有效探针。

根据吸收体与类星体的关系, 吸收系统可划分为: 1) 插入吸收系统(intervening system), 类星体视线穿越宇宙介质或前景星系而产生插入吸收线[1], 吸收线红移  $z_{abs}$  小于发射线红移  $z_{em}$ , 即  $z_{abs} < z_{em}$ , 插入吸收系统红移与发射线红移的差别是由于发射线和吸收线来自宇宙不同区域引起。2) 内禀吸收系统(intrinsic system), 一般认为内禀吸收线是类星体内禀介质的吸收产生[2] [3] [4], 内禀吸收线的红移一般是  $z_{abs} \approx z_{em}$ , 内禀吸收线红移与发射线红移的差别是由于吸收体相对于类星体的多普勒运动而导致[5], 如果  $z_{abs} > z_{em}$ , 则吸收体朝向类星体运动[6]。

相对于插入吸收线, 内禀吸收线的谱线特征很复杂, 可以具有不同的谱线宽度, 并且可具有 102~105 km/s 范围的外流速度[7] [8] [9]。根据谱线的宽度, 内禀吸收线可划分为: 1) 窄吸收线(narrow absorption line, NALs) [10], 内禀窄吸收线与插入吸收线具有相似的吸收轮廓和强度; 2) 宽吸收线(broad absorption lines, BAL) [11], 具有低于类星体辐射连续谱 10% 的连续吸收特征, 宽度大于 2000 km/s; 3) 微型宽吸收线(mini-broad absorption lines, min-BALs) [12], 谱线宽度介于宽吸收线和窄吸收线之间。

内禀吸收线的变化是研究类星体中心物理机制和特征的重要手段。研究表明, 宽吸收线的轮廓和强度可以发生显著的变化[13] [14] [15] [16], 宽吸收线变化的现象比内禀窄吸收线更常见。由于内禀窄吸收线与插入吸收线具有相似的吸收轮廓和强度[17] [18], 因此窄吸收线的光变很可能是内禀窄吸收线和插入吸收线的重要判据之一, 内禀窄吸收线的变化是否也是由覆盖因子的变化或吸收体电离态的变化主导, 或是两种机制共同作用的结果, 目前仍然很难确定。

文[19]在高红移( $z_{em} > 3$ )的 SDSS-I/II 类星体光谱证认过程中, 发现  $z_{em} = 3.3384$  的类星体 SDSS J101108 + 553407 的 Ly  $\alpha$  发射线红端存在比较多的高置信水平吸收线, 并证认出红移为 3.3442、3.3496 和 3.3553 的三个吸收系统。

基于 BOSS (Baryon Oscillation Spectroscopic Survey)第二次释放的类星体数据, 我们对 SDSS J101108 + 553407 光谱进行系统研究, 共证认出 4 个窄线吸收系统, 在经历 3972 天后, 三个吸收系统[19]的轮廓、强度保持稳定, 但新证认的 Nv $\lambda$ 1238、1242 双线吸收系统的等值宽度却有明显的光变。

本工作采用的宇宙学常数  $\Omega_m = 0.3$ 、 $\Omega_k = 0$ 、 $\Omega_a = 0.7$  和  $H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ 。

## 2. 样本

SDSS 望远镜(Sloan Digital Sky Survey)是 2.5 米口径的专用光学望远镜, 在 SDSS 第一或第二巡天阶段(SDSS-I/II, 2000 年~2008 年)光谱仪的光纤直径是 3", 类星体光谱波长覆盖范围是 3800 Å~9200 Å, 分辨率  $R \approx 1800\sim 2200$  [20]。由于观测任务的需要, 2009 年对 SDSS 望远镜的光谱仪进行了更新, 更新后的 BOSS (Baryon Oscillation Spectroscopic Survey, 2009 年~2014 年)的光谱仪的光纤直径是 2", 由于设备的更新, 类星体光谱波长的覆盖范围是 3600 Å~10,500 Å, 分辨率  $R \approx 1300\sim 3000$  [21] [22], BOSS 阶段观测的目标天体可以比 SDSS-I/II 阶段观测的目标天体暗 1~2 星等, 因此, BOSS 阶段的类星体光谱更有利于分析暗弱的吸收体。

到目前为止, SDSS 望远镜已经对类星体 SDSS J101108 + 553407 进行了两次光学光谱的重复观测, 其 plate-MJD-Fiber 分别是 spec-0945-52652-0592、spec-7084-56624-0854 (<http://www.sdss.org/dr12/>)。第一次观测于 2003 年 1 月 13 日进行, 这条光谱是 SDSS-I/II 阶段进行的光谱证认, 第二次重复观测于 2013 年 11 月 28 日进行, 这条光谱是 BOSS 巡天阶段进行的证认。SDSS J101108 + 553407 光谱在两次观测中, 连续谱光谱的信噪比分别是 4.33、5.65, BOSS 光谱的信噪比相对于 SDSS-I/II 光谱信噪比增强约 30%, 而两次观测时标是 3972 天, 虽然两次观测的光纤孔径的大小不同, 但由于吸收线的信息来自遥远的类星体与观测者视线之间的光线, 因此光纤孔径大小的变化对吸收线没有直接的影响, 但由于光纤孔径变小, BOSS 阶段观测的光谱受其它信号干扰更小, 得到的光谱信号也更可靠。

## 3. 数据分析

类星体光谱的主成份由幂律连续谱、FeII 发射线谱线和其它发射线构成, 利用文[23] [24]的方法, 在扣除幂律连续谱和 FeII 发射线谱线的光谱中对发射线进行拟合, 在每一个发射线区域使用一个或者多个高斯成份, 利用最小  $\chi^2$  的方法调节发射线达到最佳拟合, 从光谱中扣除这些发射线成份之后, 在 SDSS J101108 + 553407 光谱中留下比较干净的吸收线。

对归一化后的 SDSS J101108 + 553407 光谱进行吸收线证认和拟合, 利用高斯成份拟合吸收线, 并由最小  $\chi^2$  的方法调节。我们对信噪比大于  $2\sigma$ , 流量大于 10%连续谱流量的窄吸收线进行证认, 而且每一个吸收线系统至少证认两条吸收线[25]。在观测坐标系 5200 Å~8700 Å 范围内搜寻吸收系统, 并用  $N_\sigma = S_{abs}/\sigma_N$  估算每一条吸收线的置信水平。

### 3.1. 幂律连续谱

类星体 J 101108 + 553407 光谱的幂律连续谱可近似表示为

$$F_\nu \propto \nu^{-\alpha} \quad (1)$$

其中  $\alpha$  为谱指数。在 SDSS J101108 + 553407 光谱中选择没有或者仅有很弱发射线的波段拟合幂律连续谱。在观测坐标系上, 我们给出拟合的连续谱和幂律连续谱, 如图 1 所示。

SDSS-I/II 光谱的谱指数  $\alpha_1 = -0.49036$ , BOSS 光谱的谱指数  $\alpha_2 = -1.48021$ , 两次观测光谱的谱指数变化  $\Delta\alpha/\alpha = 2.01$ , 因此可以推断, 在经历 3972 天后, 类星体 J101108 + 553407 的连续谱具有明显的光变。类星体的光变将影响其周围的环境, 改变其附近气体的电离态、密度和温度等。

### 3.2. 等值宽度及误差测量

在类星体 J101108 + 553407 归一化的连续光谱中, 我们用高斯成份拟合每个窄吸收线, 并测量吸收线在观测坐标系的等值宽度  $W_\sigma$ 。等值宽度通常定义为:

$$W_0 = \int_{-\infty}^{+\infty} \left( 1 - \frac{I_\lambda}{I_{\lambda 0}} \right) d\lambda \quad (2)$$

其中  $I_{\lambda 0}$  是入射光强度， $I_\lambda$  是光线穿过吸收介质后的强度。

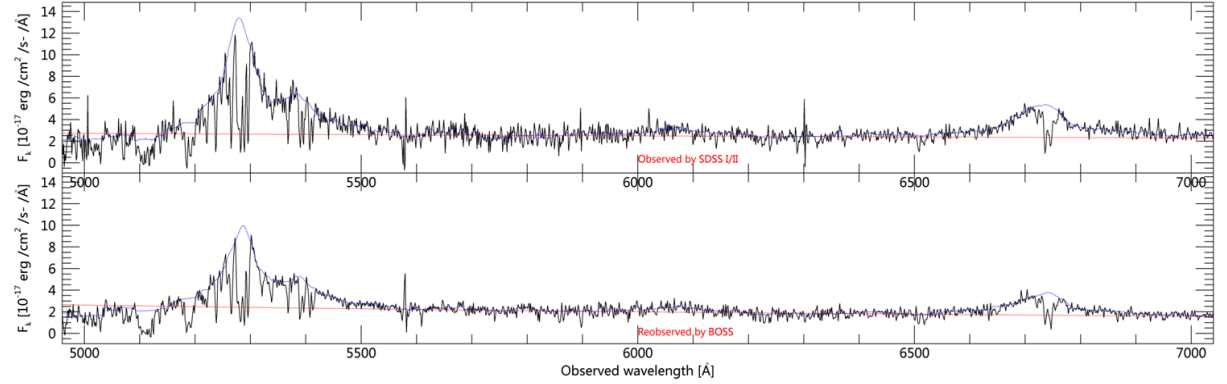
利用  $W_r = W_0 / (1 + z_{abs})$  将观测坐标系的等值宽度转换为静止坐标系的等值宽度，类星体 J101108 + 553407 吸收线参数见表 1。

表 1 中  $W_r$  为静止坐标系的等值宽度，由于一些吸收坑的数据点较少，我们用固定等值宽度和高斯面积的方式完成吸收线轮廓的拟合，因此无法计算出误差值，所以用这种方式拟合出的吸收线的等值宽度误差用“???”表示。

## 4. 结果和讨论

### 4.1. 证认出 4 个吸收系统

在本次工作中，我们不仅重复证认文[19]中的 3 个吸收系统，同时也证认出 1 个新的吸收系统。这 4 个吸收系统的红移分别为：3.2983、3.3431、3.3542 和 3.3583，其中 3.2983 为首次证认的新吸收系统。吸收体相对于类星体运动引起的多普勒速度为



**Figure 1.** The spectra of the quasar SDSS J101108 + 553407 with  $z_{em} = 3.3384$ . Top panel is the spectrum of SDSS-I/II in the quasar observed frame. Bottom panel is the spectrum of BOSS in the quasar observed frame. Blue lines are fitting power-law continuous spectrum and the red solid line is a continuous spectrum fitting

**图 1.** 类星体 J101108 + 553407 光谱，红移  $z_{em} = 3.3384$ 。上图是 SDSS-I/II 观测的光谱，下图是 BOSS 观测的光谱。红色实线是拟合幂律连续谱，蓝色实线是拟合连续谱

**Table 1.** The parameters of absorption lines for SDSS J101108 + 553407

**表 1.** SDSS J101108 + 55340 吸收线参数

| $z_{abs}$ | species                    | $\lambda_{obs}$ ( $\text{\AA}$ ) | SDSS-I/II BOSS<br>$W_r$ ( $\text{\AA}$ ) |                 | SDSS-I/II BOSS<br>$N_\sigma$ |      | $v_{Dopp}^{\odot}$ |
|-----------|----------------------------|----------------------------------|--|-----------------|------------------------------|------|--------------------|
| 3.2983    | Nv $\lambda$ 1238          | 5320.8                           | $0.09 \pm 0.04$                          | $0.46 \pm 0.06$ | 1.9                          | 4.7  | 0.0093             |
|           | Nv $\lambda$ 1242          | 5338.0                           | $0.27 \pm 0.08$                          | $0.50 \pm 0.07$ | 2.6                          | 4.7  |                    |
| 3.3431    | Ly $\alpha$ $\lambda$ 1216 | 5281.8                           | $1.57 \pm ???$                           | $1.42 \pm ???$  | 20.6                         | 21.6 | -0.0011            |
|           | C IV $\lambda$ 1548        | 6721.5                           | $0.31 \pm 0.04$                          | $0.36 \pm 0.05$ | 4.7                          | 3.9  |                    |
|           | C IV $\lambda$ 1551        | 6736.8                           | $1.19 \pm 0.04$                          | $1.15 \pm 0.06$ | 14.7                         | 10.5 |                    |
| 3.3542    | Ly $\alpha$ $\lambda$ 1216 | 5295.8                           | $0.92 \pm 0.03$                          | $1.04 \pm 0.03$ | 15.7                         | 18.5 | -0.0036            |
|           | N V $\lambda$ 1238         | 5390.3                           | $0.88 \pm 0.06$                          | $0.86 \pm 0.04$ | 7.8                          | 10.9 |                    |
|           | N V $\lambda$ 1242         | 5407.5                           | $0.74 \pm 0.06$                          | $0.62 \pm 0.04$ | 7.5                          | 8.2  |                    |
| 3.3583    | N V $\lambda$ 1238         | 5396.3                           | $0.60 \pm 0.05$                          | $0.65 \pm 0.04$ | 7.3                          | 8.4  | -0.0046            |
|           | N V $\lambda$ 1242         | 5413.3                           | $0.42 \pm 0.05$                          | $0.57 \pm 0.05$ | 5.3                          | 6.0  |                    |
|           | C IV $\lambda$ 1548        | 6746.8                           | $1.50 \pm 0.06$                          | $1.03 \pm 0.05$ | 13.0                         | 13.5 |                    |

注—— $z_{abs}$ : 吸收系统红移;  $\lambda_{obs}$ : 观测坐标系的波长;  $W_r$ : 静止坐标系中吸收线的等值宽度;  $N_\sigma$ : 吸收线的置信水平;  $v_{Dopp}$ : 多普勒速度。

$$v_{Dopp} = \frac{(1+z_{em})^2 - (1+z_{abs})^2}{(1+z_{em})^2 + (1+z_{abs})^2} \times c \quad (3)$$

式中  $z_{em}$  代表发射线红移,  $z_{abs}$  代表吸收线红移,  $c$  为真空中的光速。

由(3)式可以看到, 如果  $z_{abs} > z_{em}$ , 则  $v_{Dopp} > 0$ , 表示吸收体离开类星体中心; 如果  $z_{abs} < z_{em}$ , 则  $v_{Dopp} < 0$ , 表示吸收体落向类星体中心。根据(3)式, 4个窄吸收系统的多普勒速度分别为  $0.0093c$ 、 $-0.0011c$ 、 $-0.0036c$ 、 $-0.0046c$ 。文[19]中的3个吸收系统的多普勒速度  $v_{Dopp} < 0$ , 这三个吸收体的物质从类星体抛射出去后, 在引力的作用下向类星体的中心回落。

从表1可以看到, SDSS-I/II 观测时期和 BOSS 观测时期, 3.3431、3.3542 和 3.3583 系统的等值宽度值, 在误差范围内基本保持不变。因此, 在经历 3972 天后, 三个吸收系统[19]的轮廓、强度始终保持稳定状态。

## 4.2. Nv $\lambda\lambda$ 1238、1242 双线吸收系统有明显的光变

Nv $\lambda\lambda$ 1238、1242 双线吸收系统的红移是 3.2983, 在 SDSS-I/II 时期的静止坐标系的等值宽度值  $W_1^{\lambda 1238} = 0.09 \pm 0.04 \text{ \AA}$ 、 $W_1^{\lambda 1242} = 0.27 \pm 0.08 \text{ \AA}$ , 在 BOSS 时期的静止坐标系的等值宽度值  $W_2^{\lambda 1238} = 0.46 \pm 0.06 \text{ \AA}$ 、 $W_2^{\lambda 1242} = 0.50 \pm 0.07 \text{ \AA}$ , 在经过 3972 天后, 该系统的等值宽度平均平均增强 166%。

由于 Nv $\lambda\lambda$ 1238、1242 双线吸收系统的红移与发射线红移的差值为 0.04, 因此 Nv $\lambda\lambda$ 1238、1242 吸收系统可能是内禀或成协系统[26] [27], 也可能是插入体。

如果吸收系统是内禀或成协的, 由于内禀吸收体与类星体中心存在密切的物理关联, 吸收体越靠近类星体中心, 受到类星体中心的电离辐射就越强, 因此 Nv $\lambda\lambda$ 1238、1242 系统等值宽度的变化有可能是类星体的光变造成的。如果该系统是内禀窄吸收线, 则吸收线与发射线红移的差值, 可以认为是多普勒速度造成的, 则该吸收体以 2800 km/s 的速度抛射出黑洞。

如果 Nv $\lambda\lambda$ 1238、1242 双线吸收系统是插入体, 根据宇宙学角直径距离公式:

$$D = \frac{1+z_{abs}}{H_0} \int_1^{1+z_{abs}} \frac{1}{\sqrt{\Omega_m(x+1)^3 + \Omega_k(x+1)^2 + \Omega_\alpha}} dx \quad (4)$$

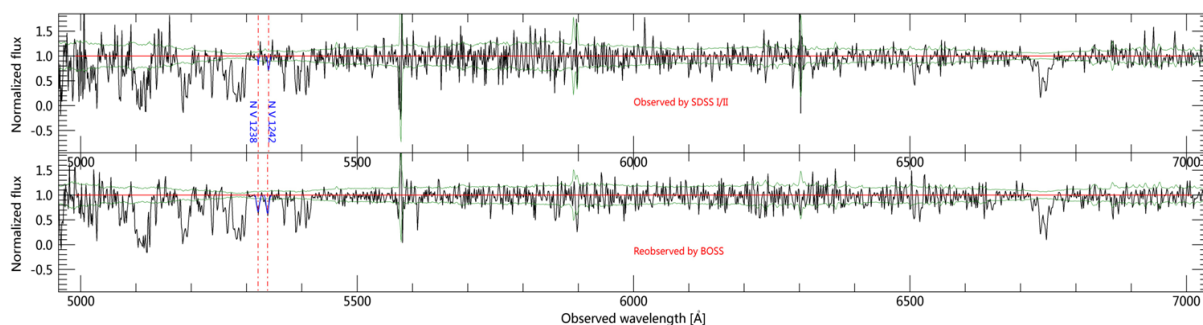
我们可以得到, 吸收体与类星体中心的距离为 6.3 Mpc。由于插入吸收体与类星体中心的相对距离较大, 插入吸收体与类星体不存在密切的物理关联, 类星体的光变难以影响插入吸收体, 因此该吸收系统等值宽度的变化, 可能是由于吸收气体相对类星体视线发生整体的运动, 从而改变吸收体相对背景辐射源的覆盖比例。

Nv $\lambda\lambda$ 1238、1242 双线吸收系统等值宽度的明显变化, 不仅与吸收体的气体密度和尺度的变化或与类星体中心的距离的变化有关, 而且也可能与两次观测时间标有关。但在相同的观测时标内, 类星体 J101108 + 553407 的 3.3431、3.3542 和 3.3583 系统的等值宽度值, 在误差范围内基本保持不变, 因此可以认为, Nv $\lambda\lambda$ 1238、1242 双线吸收系统的变化, 并不是由观测时间的不同或 SDSS 望远镜光纤的改变所造成(图 2)。

## 5. 结论

利用 BOSS 第二次释放的数据, 我们对类星体 J101108 + 553407 光谱进行系统研究, 比较 SDSS-I/II 和 BOSS 两次观测数据, 我们发现:

- 1) SDSS J101108 + 553407 光谱在观测坐标系 5200  $\text{\AA}$ ~8700  $\text{\AA}$  范围, 可以证认出 4 个吸收系统;
- 2) 经历 3972 天后, 观测光谱的连续谱的谱指数由  $\alpha_1 = -0.49036$  变为  $\alpha_2 = -1.48021$ , 两次观测光谱的谱指数变化  $\Delta\alpha/\alpha = 2.01$ , 连续谱有明显的光变。



**Figure 2.** Double absorption system  $Nv\lambda\lambda 1238, 1242$  with  $z_{\text{abs}} = 3.2983$ . Top panel is fitting normalized continuous spectrum for SDSS-I/II. Bottom panel is fitting normalized continuous spectrum for BOSS. Green solid line is a continuous spectrum of naturalization of  $\pm 1\sigma$  error follow level. The solid blue line is gauss function fitting results for absorption lines. We have detected two absorption lines,  $Nv\lambda 1238, Nv\lambda 1242$  respectively

**图 2.**  $Nv\lambda\lambda 1238, 1242$  双线吸收系统，系统红移  $z_{\text{abs}} = 3.2983$ 。上图是 SDSS-I/II 光谱的拟合归一化连续谱，下图是 BOSS 光谱的拟合归一化连续谱。绿色实线是连续谱归化的  $\pm\sigma$  光谱流量误差水平，蓝色实线是高斯函数对吸收线的拟合结果。探测到  $Nv\lambda\lambda 1238, 1242$  双线

3) 经历 3972 天后， $Nv\lambda\lambda 1238, 1242$  双线吸收系统的等值宽度平均增强 166%。该吸收系统有明显的光变现象，而文[19]中的 3.3442、3.3496 和 3.3553 三个吸收系统的轮廓和强度并没有发生明显的变化。

## 致 谢

感谢国家自然科学基金项目(11363001)的资助；感谢广西自然科学基金面上项目(2012GXNSFAA053015)的资助。

## 参考文献 (References)

- [1] Pérez-Ràfols I, Miralda-Escudé J, Lundgren B, et al. MNRAS, 2015, 447: 2784-2802 <https://doi.org/10.1093/mnras/stu2645>
- [2] Proga, D. ApJ, 2000, 538: 684-690 <https://doi.org/10.1086/309154>
- [3] Bergeron J. A&A, 1986, 155: L8-L11
- [4] Ganguly R, Bond N A, Charlton J C, et al. ApJ, 2001, 549: 133-154 <https://doi.org/10.1086/319082>
- [5] Murray N, Chiang J, Grossman S A, et al. ApJ, 1995, 451: 498 <https://doi.org/10.1086/176238>
- [6] Qin Y P, Liu H T, Liang E W, et al. MNRAS, 2004, 351: 1319-1326 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2004.07875.x>
- [7] Gupta A, Mathur S, Krongold Y, et al. ApJ, 2013, 768: 141-152
- [8] Gupta A, Mathur S, Krongold Y, et al. ApJ, 2013, 772: 66-73
- [9] Tombesi F, Cappi M, Reeves J N, et al. ApJ, 2011, 742: 44-64
- [10] Wise J H, Eracleous M, Charlton J C, et al. ApJ, 2004, 613: 129-150 <https://doi.org/10.1086/422974>
- [11] Weymann R J, Morris S L, Foltz C B, et al. ApJ, 1991, 373: 23 <https://doi.org/10.1086/170020>
- [12] Misawa T, Charlton J C, Eracleous M. ApJ, 2014, 792: 77
- [13] Capellupo D M, Hamann F, Shields J C, et al. MNRAS, 2013, 429: 1872 <https://doi.org/10.1093/mnras/sts427>
- [14] He Z C, Bian W H, Jiang X L, et al. MNRAS, 2014, 443: 2532 <https://doi.org/10.1093/mnras/stu1096>
- [15] Filiz Ak N, Brandt W N, Hall P B, et al. ApJ, 2013, 777: 168
- [16] Wang T, Yang C, Wang H, et al. ApJ, 2015, 814: 150
- [17] Hacker T L, Brunner R J, Lundgren B F, et al. MNRAS, 2013, 434: 163 <https://doi.org/10.1093/mnras/stt1022>
- [18] Chen Z F, Qin Y P. ApJ, 2013, 777: 56
- [19] 潘彩娟, 陈志福, 等. 天文研究与技术, 2013, 10: 7
- [20] York D G, Adelman J, Anderson Jr J E, et al. AJ, 2000, 120: 1579 <https://doi.org/10.1086/301513>
- [21] Eisenstein D J, Weinberg D H, Agol E, et al. AJ, 2011, 142: 72

- [22] Pâris I, Petitjean P, Auboug É, et al. A&A, 2012, 548: A66
- [23] Nestor D B, Turnshek D A, Rao S M. ApJ, 2005, 628: 637 <https://doi.org/10.1086/427547>
- [24] Chen Z F, Li M S, Huang W R, et al. MNRAS. 2013, 434: 3275 <https://doi.org/10.1093/mnras/stt1247>
- [25] 黄克谅. 类星体与活动星系核. 北京: 中国科学技术出版社, 2005
- [26] Misawa T, Charlton J C, Eracleous M, et al. ApJS, 2007, 171: 1 <https://doi.org/10.1086/513713>
- [27] Rodríguez H P, Hamann F, Hall P. MNRAS, 2011, 411: 247 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2010.17677.x>

**期刊投稿者将享受如下服务:**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [aas@hanspub.org](mailto:aas@hanspub.org)